

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Д. П. ПОНКРАТОВ
Г. І. ФАЛЕЦЬКА

ВИБІР ПАСАЖИРАМИ ШЛЯХУ
ПЕРЕСУВАННЯ У МІСТАХ

МОНОГРАФІЯ

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2015

УДК 656.13
ББК 39.3
П56

Автори:

Понкратов Денис Павлович, кандидат технічних наук, доцент;
Фалецька Галина Іванівна, кандидат технічних наук

Рецензенти:

Поліщук Володимир Петрович, д.т.н, професор, завідувач кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху Національного транспортного університету;
Ремарчук Микола Парфенійович, д.т.н., професор кафедри будівельні, колійні та вантажно-розвантажувальні машини, УкрДУЗТ

*Рекомендовано до друку
на засіданні Вченої ради Харківського національного університету
міського господарства імені О. М. Бекетова,
протокол № 10 від 24 квітня 2015 р.*

Понкратов Д. П.

П56 Вибір пасажирями шляху пересування у містах : монографія / Д. П. Понкратов, Г. І. Фалецька; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 164 с.

ISBN 978-966-695-380-6

У монографії розглянуто питання, пов'язане з формуванням пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту. Проведено аналіз теоретичних та практичних підходів щодо моделювання цього процесу. Увагу зосереджено на поведінкових аспектах формування пасажиропотоків щодо вибору пасажирями шляху пересування. На підставі розробленої моделі розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування досліджено вплив факторів, що визначають попит мешканців міста на послуги маршрутного пасажирського транспорту.

Розрахована на інженерно-технічних працівників зайнятих у сфері проектування транспортних систем міст, викладачів, аспірантів, студентів вузів транспортних спеціальностей.

УДК 656.13
ББК 39.3

ISBN 978-966-695-380-6

© Д. П. Понкратов, Г. І. Фалецька, 2015
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	5
Розділ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕОРЕТИЧНИХ І ПРАКТИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА МАРШРУТНІЙ МЕРЕЖІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ.....	7
1.1 Розподіл пасажиропотоків як об'єкт дослідження	7
1.2 Поведінкові аспекти формування пасажиропотоків	11
1.3 Методи й моделі розподілу пасажиропотоків.....	15
1.3.1 Розподіл пасажиропотоків на найкоротший шлях.....	16
1.3.2 Ентропійний підхід.....	18
1.3.3 Розподіл пасажиропотоків на групу шляхів.....	18
1.3.4 Розподіл пасажиропотоків на сумісних ділянках маршрутної мережі.....	22
1.3.5 Рівноважний розподіл.....	25
1.3.6 Порівняльна характеристика методів розподілу пасажиропотоків.....	27
Розділ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМУ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВИБОРУ ПАСАЖИРАМИ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ.....	30
2.1 Формування методики проведення досліджень.....	30
2.2 Аналіз фізичної сутності процесу вибору пасажиром шляху пересування.....	32
2.3 Визначення способу формування моделі вибору пасажиром шляху пересування.....	36
Розділ 3 ФОРМАЛІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ.....	46
3.1 Складники та варіанти шляху пересування.....	46
3.2 Узагальнена вартість пересування пасажирів.....	46
3.3 Витрати часу пасажирів на пішохідний складник транспортного пересування.....	54
3.4 Зміна функціонального стану пасажирів при здійсненні пішохідного складника транспортного пересування.....	58

Розділ 4	МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ МІЖ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ВАРІАНТАМИ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ.....	61
4.1	Вплив параметрів пересування на транспортну стомлюваність пасажирів.....	61
4.2	Аналіз впливу факторів на величину узагальненої вартості пересування.....	64
4.3	Експериментальне дослідження розподілу кореспонденцій пасажирів за шляхами пересування.....	67
4.4	Алгоритм моделі розподілу кореспонденцій.....	80
Розділ 5	ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ПАСАЖИРІВ МІЖ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ВАРІАНТАМИ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ.....	86
5.1	Взаємозв'язок між характеристиками альтернативних варіантів та величиною попиту на їхнє використання.....	86
5.2	Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування.....	91
5.3	Оцінка сумісного впливу факторів, що характеризують альтернативні варіанти шляху пересування та соціально-економічні умови життя населення.....	131
5.4	Визначення закономірностей вибору пасажирями шляху пересування.....	136
ВИСНОВКИ.....		142
ДОДАТКИ		144
Додаток А. Моделі розподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту.....		144
Додаток Б. Анкета опитування пасажирів щодо вибору шляху пересування.....		152
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		153

ВСТУП

Міський пасажирський транспорт як одна із соціально значущих галузей міського господарства відіграє значну роль у забезпеченні якості життя міського та приміського населення.

Вирішення різних завдань організації пасажирських перевезень ґрунтується на визначенні величин пасажиропотоків, в основі формування яких лежать рішення, які приймають пасажирів при виборі шляху пересування. Від повноти врахування закономірностей вибору пасажирів шляху пересування при моделюванні пасажиропотоків на маршрутах міського пасажирського транспорту залежить точність розрахунку, а отже, й обґрунтованість рішень щодо удосконалення перевізного процесу.

Складність описання вибору пасажирів шляху пересування властива для найзначніших міст, що характеризуються високою щільністю та розгалуженістю маршрутної мережі, наявністю декількох видів транспорту, у тому числі й швидкісного. Зважаючи на це, визначення закономірностей вибору пасажирів шляху пересування у найзначніших містах є актуальним завданням.

Метою дослідження є визначення закономірностей вибору пасажирів шляху пересування у найзначніших містах.

Для досягнення мети дослідження були поставлені наступні задачі:

- проаналізувати існуючі теоретичні та практичні підходи до розподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту;
- визначити напрям і методи дослідження закономірностей вибору пасажиром шляху пересування;
- розробити модель розподілу пасажирських кореспонденцій за альтернативними варіантами шляху пересування;
- дослідити закономірності вибору пасажирів шляху пересування.

Об'єктом дослідження є система міського пасажирського транспорту.

Предмет дослідження – закономірності вибору пасажирів шляху пересування у найзначніших містах.

При проведенні дослідження використано наступні методи: системного аналізу при визначенні факторів, що обумовлюють вибір пасажиром шляху пересування, а також при встановленні взаємозв'язку між ними; експериментальних досліджень при визначенні параметрів пересування пасажирів альтернативними шляхами; математична статистика при обробці результатів анкетного опитування пасажирів щодо вибору шляху пересування; математичного моделювання при розробці моделі розподілу пасажирських кореспонденцій за альтернативними варіантами шляху пересування.

Отримані результати можуть бути використані при моделюванні розподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту, що є невід'ємною частиною завдання обґрунтування проектних рішень з удосконалення перевезень пасажирів у містах.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕОРЕТИЧНИХ І ПРАКТИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА МАРШРУТНІЙ МЕРЕЖІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

1.1 Розподіл пасажиропотоків як об'єкт дослідження

Сучасний стан транспортних систем міст України характеризується низкою проблемних аспектів, що пов'язані з розвитком автомобілізації населення [1]. Вирішення цих проблем засобами організації дорожнього руху [2–8] не дає змоги досягти бажаного результату. Альтернативним напрямком є підвищення привабливості послуг громадського пасажирського транспорту з метою зменшення руху приватних автомобілів [1].

Основним завданням міського пасажирського транспорту є своєчасне й повне задоволення потреб населення в пересуваннях [9–11]. При розробці заходів, спрямованих на удосконалення організації та планування пасажирських перевезень, першочергове значення має інформація про попит на транспортні послуги, тобто про транспортні потреби мешканців міста [12, 13]. Правильність вирішення всього комплексу завдань транспортного планування безпосередньо залежить від того, наскільки точно вдається спрогнозувати потреби населення у транспортних пересуваннях (попит на транспортні послуги) у часі та просторі [14, 15].

Вирішення завдань транспортного планування передбачає визначення таких параметрів транспортної системи, які найкраще відповідають потребам населення в пересуваннях [14, 15]. Унаслідок цього попит визначає пропозицію, а від співвідношення попиту та пропозиції залежать основні параметри функціонування транспортної системи [12, 13, 15].

Потреба в перевезеннях населення міста визначається кількістю пересувань пасажирів пов'язаних із їхніми виробничими, діловими та культурно-побутовими потребами [16, 17]. Попит може виражатися через певну множину соціально-економічних характеристик, через змінні, які відбивають просторову активність, а також змінні, що відображають рівень

транспортного обслуговування [18]. Фактичним проявом попиту є пасажиропотоки на мережі міського пасажирського транспорту [19, 20].

Відомості про пасажирські потоки служать основною інформацією для прийняття обґрунтованих рішень із організації перевезень пасажирів [21]. Залежно від характеру розв'язуваної проблеми використовують різні показники, що характеризують пасажирські потоки [21]. Величина пасажиропотоків, їхній розподіл за напрямками, коливання в часі й інші риси визначають основні характеристики маршрутної мережі, вибір місткості рухомого складу, частоту руху, потужність системи енергопостачання (для міського електричного транспорту) і систему організації руху [10]. Крім того, знання характеристик пасажирських потоків на всіх елементах транспортної мережі дає змогу об'єктивно й точно розраховувати такі важливі експлуатаційні показники роботи транспорту, як обсяг роботи, доходи, пробіг і коефіцієнт використання місткості рухомого складу [14].

Для вивчення пасажиропотоків у містах широко використовують методи натурного обстеження, до яких відносять опитувальний, табличний, візуальний, анкетний, талонний, білетний та автоматизований [9, 17 22–35].

Використовувати в якості вхідної інформації відомості про пасажиропотоки при вирішенні різних завдань організації перевезень пасажирів, однак, не зовсім вірно. Це зумовлено тим, що пасажиропотоки не завжди адекватно відбивають реальні потреби пасажирів у поїздках. Нерідко пасажир обирає визначений маршрут не через його зручність, а за відсутності інших варіантів [36]. Унаслідок цього для прийняття більш обґрунтованих рішень із удосконалення транспортного обслуговування населення варто розглядати не пасажиропотоки, а пасажирські кореспонденції. Це пов'язано з тим, що пасажиропотоки є наслідком накладання пасажирських кореспонденцій на існуючу маршрутну мережу [14, 36].

Таким чином, інформаційною основою для вирішення практично всіх транспортних завдань є прогностичні значення загальноміських і маршрутних кореспонденцій населення [14].

Достовірні дані про кореспонденції пасажирів між різними пунктами міста можуть бути отримані внаслідок проведення суцільного або вибіркового анкетного обстеження пересувань населення міста [21, 29, 30, 32].

Натурні обстеження дають змогу одержати найбільш достовірні дані на момент їхнього проведення, що робить їх незамінними при вирішенні завдань поточного планування й оперативного управління пасажирськими перевезеннями. Для вирішення завдань прогнозування, тим більше довгострокового, використання натурних обстежень може бути недостатньо, тому що вони дають «фотографію» існуючих пасажиропотоків (кореспонденцій) [10]. Так само до недоліків натурального підходу варто віднести високу трудомісткість проведення й обробки матеріалів обстеження [21].

Унаслідок цього дослідники при вирішенні питань, що передбачають внесення змін у структуру маршрутної мережі, найчастіше застосовують моделювання процесу формування пасажиропотоків [10, 13, 14, 19, 37–41]. Метою такого моделювання є створення достатньо адекватних правил (алгоритмів) перетворення входів системи (планувальна структура міста, соціально-економічні характеристики населення, характеристики розглянутого варіанта транспортного обслуговування) на її виходи (загальміські та маршрутні кореспонденції, пасажирські потоки на всіх елементах транспортної мережі) [14].

До переваг модельного підходу відносять наступні [42]:

- можливість оцінки різних варіантів транспортної системи;
- модель дає змогу задавати різні умови формування пасажиропотоків, у тому числі й екстремальні, не завдаючи шкоди інтересам пасажирів;
- експерименти на моделі значно дешевші за натурні обстеження та можуть проводитися в мінімальний термін;
- модель дає змогу здійснювати експерименти із системами перевезень, які ще не створені, а лише проектуються.

У завданні розрахунку потоків на мережі виділяють два основних етапи [41]. На першому – здійснюється прогнозування міжрайонних пасажирських кореспонденцій, тобто визначається матриця міжрайонних кореспонденцій пасажирів (установлюються транспортні потреби населення). На другому етапі на підставі встановлених раніше розмірів кореспонденцій проводиться прогнозування потокорозподілу, що характеризує умови функціонування транспортної системи [41]. При цьому визначають можливі шляхи пересування між пунктами відправлення та призначення кореспонденцій [37].

Найбільш складним питанням транспортного проектування, що вносить основну частку невизначеності у транспортний розрахунок і визначає основну частку помилки розрахунку кореспонденцій, є розподіл пасажиропотоків транспортною мережею [10, 43]. При загальній похибці розрахунку сумарного обсягу перевезень близько 15–20 % похибка розподілу пасажиропотоків ділянками мережі може досягати 100 % і більше [10].

У транспортних розрахунках існує два підходи до опису поточкових процесів: нормативний і дескриптивний. Нормативний підхід переважно застосують для опису вантажопотоків у транспортних мережах. При дескриптивному підході структура потоків формується на основі індивідуальних рішень учасників руху (пасажирів або водіїв) [38].

Завдання вивчення і прогнозування пасажиропотоків має як наукову, так і практичну значущість [42]. Із практичної точки зору вирішення цієї проблеми дає змогу визначити очікуваний пасажиропотік і на цій основі розраховувати технічні й експлуатаційні показники функціонування маршрутів [42, 54].

Наукова мета вирішення завдання вивчення і прогнозування пасажиропотоків полягає в дослідженні впливу різних факторів на формування пасажиропотоку [42].

Разом із тим створення методів надійного прогнозування потреб населення в пересуваннях, з одного боку, обумовлено основними складнощами в розв'язанні транспортних проблем міст [14]. Це пов'язано з тим, що методи транспортного прогнозування мають істотні недоліки, обумовлені не тільки станом теорії міських пасажирських перевезень, але й недостатньо розробленими розділами загальної прогностики, соціологічних теорій поведінки окремих людей і колективів [10].

Із другого боку, труднощі математичного опису причинно-наслідкових зв'язків процесу формування пасажирських потоків пов'язані з такими властивостями транспортної системи, які дають змогу віднести її до розряду складних [14, 44]: стохастичність процесів формування пасажирських потоків, нестаціонарність і активність об'єкта управління.

Активність об'єкта управління зумовлена наявністю в системі пасажирського транспорту людей із їхніми індивідуальними цілями та мотивами поведінки, що часто можуть не збігатися з цілями функціонування системи [14, 20].

Активний елемент системи – людина має здатність до цілеспрямованої поведінки в ситуаціях, що швидко змінюються, до адаптації в нових умовах функціонування системи. Адаптація користувачів системи відбувається за рахунок коректування кореспонденцій, вибору способу і шляху пересування, часу та швидкості поїздки. Адаптація підвищує надійність функціонування всіх елементів системи, тобто сприяє живучості такої організації транспортних процесів[20].

На процес пристосування впливають як характеристики транспортної системи, так і соціально-економічні особливості населення [20, 45]. Унаслідок пристосування формуються звички і правила, якими суб'єкт пересування керується у процесі прийняття рішень. Зміна характеристик транспортної системи й умов життя населення поступово трансформує ці звички і правила [45]. Усе це призводить до того, що при організації транспортних процесів варто враховувати самоорганізацію користувачів системи й поведінкові аспекти формування пасажиропотоків [20].

1.2 Поведінкові аспекти формування пасажиропотоків

Моделювання поведінки пасажирів в системі міського пасажирського транспорту є одним із ключових моментів при вирішенні питань її оптимізації [13, 14, 25, 46].

Формування пасажиропотоків у значних і найзначніших містах відбувається в умовах розвиненої системи міського пасажирського транспорту, для якої характерні наявність декількох видів транспорту (у тому числі швидкісного), висока щільність і розгалуженість маршрутної мережі [10, 25]. Унаслідок цього пасажирам здебільшого надається цілий набір шляхів пересування, що забезпечують приблизно рівні та близькі до мінімальних витрати часу [13, 25, 28]. Маючи кілька шляхів пересування, пасажир із тією чи іншою імовірністю може обрати один із них. Це припущення підтверджується результатами обстежень пасажиропотоків, згідно з якими певна частина пасажирів прагне користуватися, здавалося б, найневигіднішими для себе маршрутами за основними факторами (витрати часу, вартість проїзду, комфорт), очевидно, оцінюючи їх за яким-небудь іншими критеріями (близькість зупинки міського пасажирського транспорту, зручність розкладу, пільги, надійність і т. д.). Якщо ж різниця між шляхами пересування за головними факторами не дуже велика, то

припущення про імовірнісний розподіл пасажирів виглядає більш обґрунтованим [25].

Виходячи з цих позицій, формування пасажиропотоків є наслідком колективної поведінки пасажирів, в основі якої лежить незалежна поведінка індивідумів, які прагнуть досягти власних цілей [20].

Із одного боку, характеристики пасажиропотоків є вихідною інформацією при формуванні маршрутної мережі міського пасажирського транспорту. Із другого, – такі параметри пересування пасажирів, як витрати часу на підхід до зупинних пунктів, здійснення поїздки, очікування, пересадки, можливість виникнення відмови в посадці, залежать від характеристик функціонування маршрутної системи. Отже, зв'язок пасажиропотік – маршрутна система є двостороннім, тобто не тільки маршрутна система утворюється на основі сформованих пасажиропотоків, але й пасажиропотоки складаються під впливом маршрутної системи [25].

Уведення різних змін у параметри маршрутної мережі, що впливають на вибір пасажиром шляху пересування, призводить до перерозподілу пасажирів між маршрутами, унаслідок чого параметри пасажиропотоків змінюються [36, 28]. Відповідно, при розробці заходів, спрямованих на вдосконалення організації пасажирських перевезень, необхідно враховувати активні зворотні зв'язки між рівнем розвитку перевезень і попитом на них із боку пасажирів, тобто зважати в цих моделях на зворотні зв'язки між попитом на перевезення та якістю обслуговування пасажирів [36, 47].

У практиці транспортних розрахунків основними напрямками досліджень, пов'язаними з поведінковими аспектами користувачів транспортної системи, є вибір способу пересування (вибір виду транспорту) [10, 11, 18, 20, 41, 45, 46, 48–56], вибір шляху пересування (водіями й пасажиром) [10, 13, 14, 18–20, 28, 32, 37, 38, 41, 43, 48, 49, 54, 57–72].

Закордонні дослідники більше уваги приділяють моделюванню вибору виду транспорту і шляху пересування водіїв індивідуальних автомобілів. Ця особливість обумовлена специфікою транспортних систем за кордоном, для яких характерний високий рівень автомобілізації й доволі велика питома вага обсягу перевезень, що здійснюються індивідуальним автомобільним транспортом [2, 34]. Останнім часом, однак, достатньо велику кількість закордонних досліджень спрямовано на вивчення

закономірностей формування пасажиропотоків на мережі громадського транспорту [73].

Порівнюючи особливості формування транспортних і пасажирських потоків, виходячи з позиції їхнього моделювання, можна виділити такі відмінності [54]:

1. У структурі вулично-дорожньої й маршрутної мереж громадського транспорту. Ця особливість пов'язана з тим, що маршрутна мережа міського пасажирського транспорту може містити позавуличні ділянки, шляхи рейкового транспорту. На окремих ділянках маршрутної мережі відбувається дублювання маршрутів різних видів міського пасажирського транспорту. Унаслідок цього мережа громадського транспорту більш складна для моделювання, ніж вулично-дорожня.

2. У параметрах пересування з використанням індивідуального автомобіля і громадського пасажирського транспорту. При здійсненні пересування пасажир має можливість обирати зупинний пункт початку (закінчення) поїздки, вид транспорту і відповідний маршрут. Усе це вимагає наявності в моделі додаткових алгоритмів, що відбивають поведінку пасажирів.

3. У підходах до визначення грошових витрат, пов'язаних із здійсненням пересування. Витрати власника автомобіля в цілому прямо пропорційні відстані поїздки, у той час як витрати пасажирів залежать від тарифної системи, використовуваного способу оплати проїзду.

Не зважаючи на низку відмінних рис, дослідники [19, 20] одностайні в думці про універсальність існуючих підходів до моделювання поведінкових аспектів формування транспортних і пасажирських потоків. Ця спільність обумовлюється такими факторами [20]: усі транспортні процеси реалізуються в єдиній транспортній мережі, усі учасники руху переслідують близькі індивідуальні цілі, діяльність функціональних підсистем підлягає єдиній меті управління, і ці підсистеми використовують загальну інформацію про транспортну систему.

В усіх випадках завдання формулюється таким чином: наявний набір альтернативних варіантів досягнення мети; кожний із варіантів різною мірою задовольняє цьому індивідуумові; потрібно знайти стійкий розподіл усієї множини індивідуумів між альтернативними варіантами, тобто здійснити вибір. Під терміном «стійке» мається на увазі, процес віднайдення учасниками руху такого рівноважного стану, за якого ніхто з них уже не зможе знайти для себе більш задовільного рішення [20].

В Україні, як і в інших країнах пострадянського простору, основну роль в освоєнні міських пасажирських перевезень відіграє міський громадський пасажирський транспорт, що пояснює підвищений інтерес вітчизняних учених до моделювання процесу формування пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту.

При моделюванні достатньо складно врахувати всю сукупність факторів, що впливають на вибір шляху пересування. Унаслідок цього фактичне рішення в моделі не цілком адекватне реальності [10, 14, 64]. Використання недостатньо адекватних моделей поведінки пасажирів призводить до доволі неточних методів розрахунку пасажиропотоків у маршрутних мережах, інформація про які є основою вирішення практично всіх завдань транспортного планування [13].

Одним із основних критеріїв, що використовується для моделювання вибору пасажиром шляху пересування, є витрати часу [10, 37, 38, 64]. Час пересування, однак, є не єдиним чинником, що впливає на розподіл пасажиропотоків [64, 74]. У розрахунках необхідно враховувати багатоаспектність цього явища [10, 20, 28, 64]. Визначення сполучення факторів, що впливають на формування пасажиропотоків, є головним при описі різних ситуацій, які виникають у системі транспортного обслуговування [12].

Формування пасажиропотоків становить складне соціально-економічне явище, що характеризується всебічними кількісними зв'язками. Динаміку пасажиропотоків у часі можна подати у вигляді трьох компонентів: еволюція явища, періодична зміна явища й випадкові коливання [75]. Унаслідок цього, прогнозування пересувань міського населення на перспективу пов'язане з вирішенням двох комплексів завдань [10]: 1) виявлення та вивчення залежностей між пересуваннями міського населення й соціально-історичними факторами, що їх визначають; 2) прогнозування соціально-історичних умов на прийнятну перспективу.

Усі моделі прогнозування пасажироперевезень засновані на врахуванні двох груп змінних [10]: тих, що впливають на потенційне зростання обсягу пасажироперевезень у містах, і тих, що обмежують його. Змінними першої групи є населеність міста, щільність забудови, ступінь автомобілізації, соціальний склад і рівень добробуту населення. До другої групи входять дальність і витрати часу на здійснення поїздок, їхня вартість

та інші фактори, що визначають «зекономлене транспортне обслуговування».

Як показали дослідження з використанням методу експертних оцінок, наведені у праці [57], значущість критеріїв вибору згодом зазнає зміни (табл. 1.1). Із підвищенням матеріального добробуту й поліпшенням транспортного обслуговування населення видозмінюється структура перевезень і характер поїздок, зростає відносна значущість швидкості й комфорту [45, 47, 76].

Таблиця 1.1 – Найбільш вагомі критерії та їхня значущість при виборі пасажирями маршруту пересування (за даними О. Д. Гульчак)

№ п/п	Назва критерію	Середньозважена оцінка за роками проведення обстеження		
		1999	2000–2001	2004
1	Загальні витрати часу на пересування	7,53	6,82	7,60
2	Кількість пересаджень	7,31	6,11	6,69
3	Інтервал руху	6,81	5,38	5,99
4	Дотримання графіка руху	5,01	4,92	6,21
5	Якість послуг, що надаються	4,88	4,78	6,79
6	Грошова вартість	4,87	5,71	7,71

Таким чином, залежно від того, наскільки повно методи та моделі розподілу пасажиропотоків будуть враховувати поведінкові аспекти вибору пасажирями шляху пересування й фактори, що їх обумовлюють, залежить точність визначення пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту, а як наслідок, й обґрунтованість рішень щодо підвищення рівня транспортного обслуговування населення.

1.3 Методи й моделі розподілу пасажиропотоків

Для моделювання розподілу пасажиропотоків на мережі громадського транспорту використовуються різні методи, засновані на різних гіпотезах щодо вибору пасажирями шляху пересування. Основні

моделі розподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту зведені до таблиці Б.1.

При класифікації методів виходять з різних ознак, найбільш поширеними з яких є такі [18, 64, 73, 77, 78]:

- можливість вибору шляху пересування з множини альтернативних;
- урахування імовірнісного характеру формування пасажиропотоків;
- урахування фактора часу (динамічні моделі);
- ефект завантаження маршруту при його виборі.

Не зважаючи на низку відмінних рис, усі вони передбачають використання в якості вхідних даних матриці міжрайонних кореспонденцій. Для розрахунку матриці, як транспортних, так і пасажирських кореспонденцій використовують: гравітаційні моделі [5, 10, 20, 37, 39, 44, 47, 50, 79–82], ентропійний підхід [20, 44, 82, 83, 84], метод пересічних можливостей [5, 37, 50], методи коефіцієнтів зростання [8, 9, 37, 50, 81], метод Фратара [5, 9, 37, 81] та деякі інші.

Крім цього, при вирішенні завдання розподілу потоків потрібно враховувати характеристики транспортної системи та параметри, що характеризують переваги користувачів транспортної системи при виборі шляху пересування [14, 20].

1.3.1 Розподіл пасажиропотоків на найкоротший шлях

При рішенні практичних завдань розподіл пасажиропотоків за ділянками маршрутної мережі нерідко здійснюється в найпростіший спосіб: за єдиним найкоротшим зв'язком між пунктами, що розглядаються [10, 21, 24, 49, 74]. У закордонній практиці такий метод відомий як «усе або нічого» (all or nothing) [18, 64, 73, 77]. Цей метод спочатку використовували для моделювання завантаження вулично-дорожньої мережі транспортними потоками, а потім пристосували для моделювання розподілу пасажиропотоків на мережі громадського пасажирського транспорту [85–88].

Сутність цього методу полягає в тому, що кореспонденції між кожною парою транспортних районів реалізуються тільки по одному шляху, що забезпечує мінімальне значення використовуваного критерію [10, 37]. Такий шлях називають критичним [10]. При цьому найчастіше в якості критерію використовують витрати часу на пересування [10, 21, 49].

Психологічна оцінка пасажирями окремих складників часу пересування нерівнозначна [10]. Автори праці [74] відзначають, що одна хвилина, проведена на зупинному пункті в очікуванні транспорту, для пасажиря еквівалентна 2,5 хв, проведеним у транспорті, що рухається. Тому в транспортних розрахунках використовують іноді поняття приведенного транспортного часу [10].

Разом з тим у межах методу найкоротшого шляху можливе використання розрахункових прийомів, що дають змогу врахувати й інші характеристики альтернатив. При цьому привабливість шляху характеризується витратами часу на пересування й експертно введеним штрафом, що враховує величину плати за проїзд, наявність пересадок, вид транспорту, комфортність [14, 64, 89].

Характеристики різних видів транспорту (регулярність руху, зручність поїздки, посадки й висадки пасажирів та інше) враховують шляхом перемножування фактичного часу, що витрачається на пересування, на коефіцієнт приведення, що має різні значення залежно від використовуваного виду транспорту [10, 37, 90, 91]. Наприклад, у праці [90] наведені такі значення коефіцієнтів: швидкісний трамвай – 1,06; трамвай – 1,14; метрополітен – 1,0; тролейбус – 1,25; автобус – 1,48.

Слід звернути увагу на те, що зазначений підхід не враховує низки особливостей пересування з використанням різних видів міського пасажирського транспорту, параметри яких на різних маршрутах (навіть для одного й того ж виду транспорту) можуть значно різнитися.

Із метою врахування грошових витрат пасажиря на оплату проїзду, а також незручностей, пов'язаних із висадкою й посадкою на транспорт, їх зводять до часової оцінки [21]. У роботі [92] вони оцінюються величиною, що дорівнює 5 хв. Аналогічний підхід застосовують й у праці [25], у якій при визначенні характеристик шляхів пересування, незручності пересадок враховується їхня часова оцінка, що дорівнює 3 – 5 хв.

Використання методу найкоротшого шляху дає змогу значно спростити вихідну інформацію й істотно скоротити витрати машинного часу [25, 64]. Якщо взяти до уваги лише один, найкоротший шлях пересування, то розрахункова модель не зовсім точно відображатиме реальний процес [10, 53, 72, 74]. При цьому не враховується його імовірнісний характер, можливість вибору пасажирями різних шляхів пересування за привабливістю [10]. Це позначається на адекватності

відображення процесу розподілу, що призводить до похибок у визначенні розрахункових пасажиропотоків на ділянках мережі [10, 74].

Метод найкоротшого шляху доцільно застосовувати для невеликих міст, де шляхи пересування пасажирів однозначні. У той же час для значних і найзначніших міст варто виходити з принципу множинності шляхів пересування [25, 53]. Необхідність у порівнянні двох або більше шляхів пересування між кожною парою районів стає особливо гострою в умовах функціонування системи швидкісного транспорту, що залучає значну кількість пасажирів, навіть за більших витрат часу [37, 52].

1.3.2 Ентропійний підхід

Іншим підходом, що використовується під час моделювання вибору при вирішенні транспортних завдань, є ентропійний [63, 72, 84, 93, 94].

Сутність ентропійного підходу полягає в тому, що в розгляд уводиться гіпотеза про деяку апріорну перевагу пасажирів при виборі шляху пересування й розглядається «ідеальний» поточкорозподіл, який відповідає цій апріорній перевазі. Здебільшого апріорна перевага базується на експертних оцінках [14, 63].

Такий метод розрахунку пасажиропотоків є достатньо продуктивним у випадку, коли немає даних про справжню поведінку пасажирів і мотиви вибору ними того чи іншого шляху, він не вимагає вирішення завдання порівняння різнорідних параметрів, що характеризують шляхи. Відсутність знання про реальні переваги пасажирів і заміна їх апріорною перевагою, якій відповідає ідеальний поточкорозподіл, однак, призводять до великої погрішності цього методу [14].

1.3.3 Розподіл пасажиропотоків на групу шляхів

Метод найкоротшого шляху є спрощеним і не враховує особливостей розподілу пасажиропотоків у значних і найзначніших містах. Численні дослідження [10, 13, 14, 17, 25, 32, 37, 53, 59, 61, 65, 66] показують, що в умовах розвиненої маршрутної мережі пасажирів мають декілька альтернативних варіантів шляху пересування. Кожному з цих шляхів відповідає певна частка кореспонденції, що буде за ним реалізована.

Теоретично між кожною парою транспортних районів відправлення і призначення може проходити достатньо велика кількість шляхів пересування. Останню зазвичай обмежують за умови заборони повернення на вже пройдену частину шляху [62, 64]. Для зниження трудомісткості розрахунків розподіл пасажиропотоків за конкуруючими шляхами проводять у певній області відхилень від критичного шляху, що називають областю згладжування (зоною розсіювання, областю розподілу) [10, 19, 20, 37, 64, 71, 95]. Область згладжування задають в абсолютних значеннях або в частках критичного часу. Надалі розглядають лише ті шляхи пересування, оцінні показники яких лежать в області згладжування [10]. При побудові алгоритму визначення групи шляхів виходять із того, що кожен шлях відрізняється від інших хоча б одним елементом [64].

Найчастіше область згладжування задають відносною величиною, що має постійне значення [19, 71, 95]. Результати емпіричних досліджень [37] показують, що область згладжування зростає зі збільшенням витрат часу на пересування. Порівняння розрахункових потоків, отриманих при різних значеннях області згладжування, однак, дало змогу авторові праці [37] дійти висновку про незначний вплив її величини на кінцевий результат.

Ранні праці, що розглядають можливість здійснення пересувань за декількома шляхами засновані на обробці експериментальних даних. У якості критеріїв розподілу використовували співвідношення витрат часу або пройденого шляху за конкуруючими варіантами. Для спрощення розрахунків розподілу пасажиропотоків були побудовані номограми [37, 48, 74]. Основними недоліками такого підходу є те, що розглядаються лише два варіанта шляху пересування та недостатньо враховуються інші фактори, які впливають на вибір пасажирами шляху пересування.

Більшу кількість шляхів пересування дає змогу розглянути гіпотеза, згідно з якою пасажиропотоки розподіляються між конкуруючими шляхами пересування зворотно пропорційно їхній довжині або витратам часу на пересування [10, 74, 96]. Така гіпотеза, однак, дає занижені результати нерівномірності розподілу пасажиропотоків по мережі у функції витрат транспортного часу [10]. Крім цього, не враховується багатфакторність процесу.

Зазначену гіпотезу можна доповнити й за допомогою інших чинників, що впливають на вибір пасажирями шляху пересування. У праці [91] запропоновано метод, що отримав назву «алгоритм стоку». Згідно з цим методом імовірність використання альтернативних шляхів визначається витратами часу та «приваблюваністю» шляхів, яка характеризує умови пересування (ступінь заповнення транспортних засобів, частота руху та інше) та види транспорту, з використанням яких здійснюється пересування [91, 95].

Більшою точністю відрізняються моделі розподілу пасажиропотоків за конкуруючими шляхами з використанням «методу опорів», згідно з яким імовірність вибору шляхів пересування визначається за аналогією до розподілу електричного струму в паралельних ланцюгах [10, 64]. Ці моделі відносять до групи традиційних аналогів закону Кірхгофа [64]. Важливе значення для одержання адекватних результатів розрахунку має встановлення коефіцієнтів моделі за результатами натурних спостережень. Такі моделі вимагають «калібрування» за матеріалами натурних обстежень пасажироперевезень [10].

Іншим прикладом використання методу аналогії для моделювання вибору пасажирями шляху пересування є гіпотеза про схожість цього процесу з основним психофізичним законом. Згідно з цим підходом у якості фізичних подразників розглядають фактори, що впливають на вибір шляху пересування. Аналогом реакції на подразник є частка кореспонденцій, що реалізується за певним шляхом [57]. Використання аналогії з основним психофізичним законом у формулюванні Вебера-Фехнера призводить до зміни частки кореспонденції при варіюванні факторів за логарифмічною залежністю, а у формулюванні Стівенса – за ступеневою [57, 66, 97]. Коефіцієнти моделі встановлюють шляхом обробки експериментальних досліджень [66]. Тобто такий підхід дає змогу врахувати значну кількість чинників, що впливають на вибір пасажирями шляху пересування. У той же час, як і в попередніх моделях, для отримання адекватних результатів розрахунку необхідне калібрування моделі.

У закордонній практиці для математичного опису поведінкових аспектів прийняття рішень користувачами транспортної системи (водіями й пасажирями) широко використовуються дискретні моделі вибору (discrete choice models) [14, 54, 98–103]. У якості критерію вибору

використовується максимізація корисності для користувача або мінімізація його витрат [54].

Суть такого підходу полягає в тому, що при розгляді множини альтернативних шляхів кожному шляху відповідає певна величина, яка називається корисністю (або узагальненою вартістю), що залежить від параметрів, які характеризують цей шлях [14].

Найчастіше функцію корисності подають у вигляді лінійної залежності, що містить такі характеристики альтернатив, як час піших підходів, час очікування, час і вартість поїздки тощо [54, 65]. Крім цього, до функції корисності включають випадковий фактор, який наводять у термінах імовірнісного розподілу, при чому його математичне очікування приймають за нуль [14]. Ця змінна відбиває неправильні уявлення пасажирів про параметри пересування, а також вплив факторів, що не піддаються безпосередньому вимірюванню, однак ураховуються пасажирами у процесі ухвалення рішення [14, 73].

Якщо приймають, що випадковий компонент підлягає нормальному закону розподілу, то для опису вибору використовують пробіт-модель. У випадку розподілу випадкової величини за законом Вейбула використовують логіт-моделі [14, 54, 98].

Подібний підхід використано авторами праць [13, 19, 20, 104]. У праці [13] до функції корисності в якості факторів увійшли витрати часу на здійснення пішохідного руху, очікування транспортного засобу, час поїздки, кількість пересадок. Частка кореспонденції, що реалізується за певним шляхом визначається як експоненційна функція від характеристик корисності цього шляху та відповідних показників альтернативних варіантів. Крім цього, запропоновано виділення однорідних груп кореспонденцій виходячи із віку пасажирів та мінімального часу пересування між зонами. Слід зазначити, що такий підхід вимагає уточнення шляхом розгляду інших соціально-економічних факторів (окрім віку), які характеризують пасажирів.

Авторами праць [43, 105] запропонована модель формування пасажиропотоків у маршрутній системі міського пасажирського транспорту, що включає такі етапи: визначення імовірності вибору шляху пересування з використанням метрополітену; розподіл пасажиропотоків маршрутною мережею вуличних видів транспорту; розподіл пасажиропотоків між маршрутами на сумісних ділянках маршрутів. Перші два етапи виконуються виходячи з оцінки витрат часу на пересування.

Розподіл пасажиропотоків на сумісних ділянках проводиться відповідно до прийнятої функції розподілу, що враховує вид транспорту, ступінь заповнення салону транспортного засобу, час та інтенсивність руху транспортних засобів на сумісних ділянках маршрутів.

1.3.4 Розподіл пасажиропотоків на сумісних ділянках маршрутної мережі

В умовах розвиненої маршрутної мережі пасажир при здійсненні проїзду на окремих ділянках транспортної мережі можуть скористатися декількома паралельними маршрутами. Унаслідок цього весь пасажиропотік прийнято поділяти на основний і додатковий. Основним пасажиропотоком між двома пунктами вважається той, який можна освоїти лише одним конкретним маршрутом (тобто пасажир між цими пунктами можуть проїхати без пересадок тільки на цьому маршруті). Додатковим пасажиропотоком є той, який можна освоїти декількома паралельно діючими маршрутами [21].

Із метою моделювання розподілу пасажиропотоку на сумісних ділянках маршрутної мережі використовуються різні підходи. Найпростішим є припущення про те, що пасажир скористається першим транспортним засобом з набору альтернативних, який буде подано на зупинний пункт. Згідно з цією гіпотезою додатковий пасажиропотік розподіляється між маршрутами, що проходять сумісною ділянкою, пропорційно частоті (інтенсивності) руху транспортних засобів на цих маршрутах. Такий підхід враховує прагнення пасажирів скоротити час очікування транспортних засобів і впливає з рівномірного розподілу часу прибуття пасажирів на зупинний пункт [61]. Це припущення, однак, є спрощеним і не враховує інших факторів, що впливають на вибір маршруту міського пасажирського транспорту на сумісній ділянці.

Із метою визначення пасажиропотоків на маршрутах із таксомоторним режимом руху у праці [42] запропоновано імітаційну модель. Цільова функція вибору пасажиром виду транспорту враховує витрати часу на здійснення складників пересування, вартість проїзду та його комфортабельність. Для оцінки останнього фактору уведено коефіцієнт комфортабельності величина якого залежить від тривалості часу очікування та здійснення поїздки й динамічного коефіцієнту використання місткості транспортного засобу. Разом з позитивним

аспектом (в моделі враховано взаємозв'язок між попитом на використання маршрутів та характеристиками комфортабельності поїздки) слід зазначити недостатню обґрунтованість підходу щодо оцінки коефіцієнту комфортабельності. Крім цього модель не знайшла використання для проведення мережних розрахунків.

У моделі, запропонованій у роботі [58], пасажиропотік на сумісній ділянці розподіляється між можливими альтернативами пропорційно значенню функції привабливості шляху пересування й інтенсивності руху транспортних засобів на маршрутах. Функція привабливості представлена у вигляді ступеневої залежності й у якості факторів включає: час сполучення, рівень наявності вільного місця в салоні транспортного засобу, величину тарифу. Внесок кожного показника у значення функції привабливості визначається коефіцієнтами, отриманими внаслідок статистичної обробки матеріалів обстежень пасажиропотоків.

Також застосування знайшла модель, висвітлена у праці [57], для обґрунтування режиму руху на маршрутах міського пасажирського транспорту. Ця модель ґрунтується на використанні основного психофізичного закону у формулюванні С. Стівенса. У якості факторів ураховуються вартість проїзду, загальні витрати часу на пересування, інтервал руху, динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортних засобів. Вплив кожного фактора на результуючий показник також визначається величиною емпіричних коефіцієнтів.

Поширення для моделювання рішень пасажирів про вибір шляху пересування одержав метод оптимальних стратегій. Основи цього методу закладено у працях [106, 107]. Під стратегією розуміється сукупність правил, якими керується пасажир при здійсненні пересування [99].

Рішення користувачів про вибір шляху пересування можуть бути класифіковані відповідно до двох типів поведінкового вибору. Згідно з першим типом (pre-trip choice behavior) користувачі приймають рішення про здійснення пересування. При цьому вони ґрунтуються на порівнянні можливих альтернативних стратегій і виборі однієї з них на підставі передбачуваних характеристик пересування. Другий тип поведінки (en-route choice behavior) припускає можливість здійснення вибору у процесі пересування. Такий підхід відбиває зміну поведінки користувачів внаслідок впливу невідомих раніше і непередбачених подій [78, 99].

У свою чергу, другий тип поведінкового вибору поділяється на підвиди [78]:

- байдужий, за якого пасажир здійснює поїздку на першому прибуваючому на зупинний пункт транспортному засобі, що відноситься до альтернативних;

- інтелектуальний, коли доцільність використання першого транспортного засобу, який надходить на зупинний пункт, оцінюється виходячи з можливості використання транспортного засобу, що прибуває наступним.

Таким чином, основою методу оптимальних стратегій є гіпотези про поведінку користувачів, їхні індивідуальні характеристики та параметри транспортного обслуговування. При цьому найбільш значущими факторами, що визначають поведінку пасажирів, є частота, регулярність та інформація, доступна користувачеві [73, 77, 78].

Частота обслуговування може розглядатися як характеристика маршруту або сумісної ділянки мережі та становити кількість прибуттів транспортних засобів на зупинний пункт за розглянутий період. Вважається, що частота обслуговування є високою, якщо середня величина інтервалу менш 12–15 хв. Частота є низькою, якщо середній інтервал перевищує 15 хв. [78].

Для опису вибору пасажирів використовуються два основних підходи. Перший ґрунтується на розгляді частоти обслуговування (frequency-based) [108, 109], другий – на розкладі руху (schedule-based) [111, 112].

У першому випадку час прибуття транспортних засобів на зупинні пункти, передбачений розкладом, не розглядається безпосередньо. Розподіл здійснюють зважаючи на частоту руху або її зворотну величину – маршрутний інтервал. Таким чином, частотний підхід не дає змоги розглянути кожне конкретне прибуття транспортних засобів, а виходить із середніх характеристик маршрутів [77, 78].

Описання вибору пасажирів, зважаючи на розклад руху, розглядає обслуговування в термінах руху, використовуючи при цьому дійсні значення часу прибуття (відправлення). Унаслідок цього, всі значущі характеристики рівня обслуговування можуть бути враховані безпосередньо [73, 78].

Моделювання пасажиропотоків виходячи з розкладу руху транспортних засобів дає змогу одержати більш адекватні результати, однак вимагає більшої кількості вихідних даних, крім того, є більш трудомістким [78]. В наслідок цього частотний підхід доцільно використовувати для вирішення завдань перспективного планування, а розподіл пасажиропотоків виходячи з розкладу руху слід виконувати при поточному управлінні перевізним процесом [73].

1.3.5 Рівноважний розподіл

Моделі формування потоків на мережі громадського транспорту, у яких час пересування приймається постійним, можуть виявитися корисними при вивченні мереж із низьким завантаженням. У той же час вони не дають змоги одержати адекватні результати при моделюванні пасажиропотоків у мережах, для яких характерним є ефект переповнення [113]. Методом, що враховує зазначені обставини є рівноважний розподіл (equilibrium assignment). В його основу покладено принципи, сформульовані Уолдропом, щодо користувальницької та системної рівноваги у транспортній мережі [18, 68, 69, 114]. Спочатку цей метод використовували для моделювання транспортних потоків, а потім його було адаптовано й для розрахунку пасажирських потоків [113, 115, 116].

На початковому етапі виходили з наступних припущень. Передбачається, що користувачі мережі знають витрати часу на рух маршрутом і обирають найбільш швидкий шлях пересування. У випадку, якщо користувальницька рівновага досягнута, то всі використовувані шляхи між кожною парою районів відправлення і призначення мають однакові й найменші витрати часу. Жоден користувач не може знизити витрат часу винятково зміною шляху пересування, унаслідок чого настає стан рівноваги [98].

Такий підхід, однак, є детермінованим, що не повною мірою відповідає реальному процесові. Це пов'язано з такими причинами [117]: окремі індивідууми можуть сприймати витрати часу або вартість пересування по-різному; деякі користувачі можуть не знати найкоротшого шляху або невірно його оцінити; на вибір шляху пересування впливає сукупність факторів, які не вдається врахувати при моделюванні. Надалі авторами роботи [118] було запропоновано стохастичну

користувальницьку рівновагу (stochastic user equilibrium), що усуває недоліки детермінованого підходу.

Із метою врахування взаємозв'язку між величиною попиту на використання альтернативи та характеристиками пересування по мережі для знаходження рівноважного розподілу використовують метод «обмеження за пропускною (провізною) здатністю» (capacity restraint) [8, 37, 64, 72, 98]. В основу методу покладено той факт, що зі зростанням попиту на використання альтернативи погіршуються її характеристики [41, 53, 64]. Це призводить до перерозподілу потоків по мережі та має бути враховано шляхом зміни умов сполучення на тім чи іншим елементі мережі [37]. При чому погіршення умов користування альтернативою стає помітним вже при навантаженнях, значно менших за максимально можливі [41].

Для моделювання взаємозв'язку між ступенем завантаженості автомобільної дороги і швидкістю (часом) руху транспортних засобів використовуються різні функції, найбільш відомою з яких є BPR-функція [69]. Функції, що використовуються для опису погіршення характеристик шляху пересування при зростанні величини пасажиропотоку, як правило, отримують за результатами натурних спостережень [113, 116, 119]. За такого підходу зростання пасажиропотоку позначається на збільшенні витрат часу пасажирів на очікування транспортного засобу та поїздки у транспортному засобі. У той же час недостатньо враховано вплив дискомфорту через переповнення транспортного засобу на рішення, що приймають пасажирів щодо вибору шляху пересування.

Алгоритмізація методу «обмеження за пропускною здатністю» проводиться у вигляді ітеративного процесу [8, 64]. Спочатку на мережу розподіляється тільки визначена частина кореспонденції. Відповідно до знайденого співвідношення між величиною потоку та характеристиками шляхів пересування за емпіричною залежністю коригується параметр, що характеризує «опір» (найчастіше час проїзду) ділянок мережі. Через перерахунок часу проїзду ділянками мережі на наступній ітерації можлива реалізація руху за новим шляхом, менш завантаженим. На наступній ітерації розподіляється наступна частина кореспонденції та послідовність розрахунків повторюється. Після коригування параметрів усіх ділянок мережі виробляється новий розподіл кореспонденцій, і так доти, доки не настане рівновага в коливаннях завантаження мережі потоками [64]. У

такий спосіб математична модель цього методу краще відображає дійсність, однак ціною більш тривалого розрахунку (залежно від кількості ітерацій) [8].

1.3.6 Порівняльна характеристика методів розподілу пасажиропотоків

Проведений аналіз теоретичних і практичних підходів до розподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту дав змогу розробити класифікаційну схему методів дослідження пасажиропотоків у містах (рис. 1.1). У цій схемі цифрами позначено недоліки методів розподілу пасажиропотоків: 1 – не забезпечується достатня адекватність розрахунку; 2 – не враховується багатоваріантність вибору пасажиром шляху пересування; 3 – недостатньо врахована сукупність факторів, що обумовлюють вибір пасажиром шляху пересування; 4 – не розглядається можливість здійснення різних варіантів пішохідного складника транспортного пересування; 5 – не розглядається взаємозв'язок між величиною пасажиропотоку й характеристиками шляху пересування; 6 – не враховується зміна значущості критеріїв вибору пасажиром шляху пересування при зміні соціально-економічних факторів; 7 – потреба в калібруванні моделі за результатами натурних обстежень; 8 – складність у застосуванні для маршрутних систем великої розмірності; 9 – обмежена сфера застосування.

Цифрами у прямокутниках позначаються питання, що становлять предмет дослідження дисертаційної роботи.

Таким чином, аналіз теоретичних і практичних підходів до моделювання вибору пасажиром шляху пересування засвідчив, що в них недостатньо враховано поведінкові аспекти вибору пасажиром шляху пересування та сукупність факторів, які на них впливають. Зокрема недостатньо досліджено питання здійснення пасажиром пішохідного складника транспортного пересування (вибору зупинного пункту).

При моделюванні пасажиропотоків на маршрутній мережі міст слід враховувати факт погіршення характеристик шляху пересування для пасажирів при зростанні величини пасажиропотоку на його складниках. Існуючі методи недостатньо повно враховують взаємозв'язок між попитом на використання шляху пересування та характеристиками комфортабельності пересування.

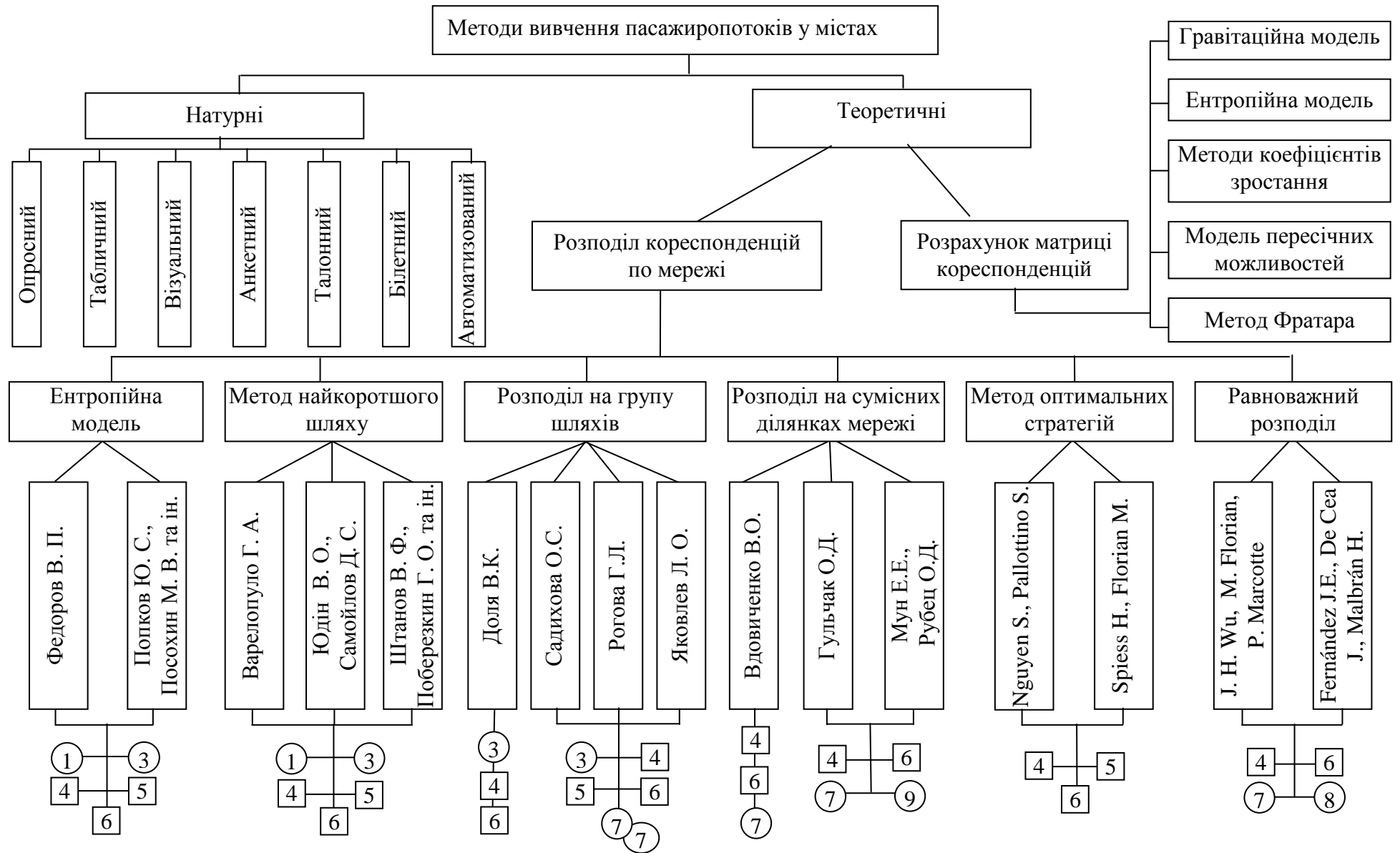


Рисунок 1.1 – Класифікаційна схема методів вивчення пасажиропотоків у містах

Значущість критеріїв вибору пасажирями шляху пересування згодом змінюється, що обумовлено сукупністю соціально-економічних факторів. Цей взаємозв'язок є недостатньо дослідженим та потребує подальшого вивчення.

Для дослідження закономірностей вибору пасажирями шляху пересування у містах слід вирішити наступні завдання:

- визначити напрям і методи дослідження закономірностей вибору пасажиром шляху пересування;
- розробити модель розподілу пасажирських кореспонденцій за альтернативними варіантами шляху пересування;
- дослідити закономірності вибору пасажирями шляху пересування.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМУ ТА МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВИБОРУ ПАСАЖИРАМИ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ

2.1 Формування методики проведення дослідження

Початковим етапом дослідження є формування методики його проведення, що передбачає визначення стадій дослідження та їхньої послідовності. Структурно-логічну схему дослідження наведено на рисунку 2.1.

Згідно зі структурно-логічною схемою дослідження на першому етапі проводимо аналіз фізичної сутності досліджуваного процесу. На цій стадії аналізуємо чинники, що обумовлюють вибір пасажиром шляху пересування, та встановлюємо взаємозв'язки між ними. Унаслідок такого аналізу формуємо гіпотезу дослідження.

Згідно з висуненою гіпотезою наступним кроком переходимо до розробки математичної моделі досліджуваного процесу.

На першому етапі моделювання визначаємо межі об'єкта дослідження. Межі об'єкта окреслюються областю значимої взаємодії з середовищем. Цю область визначають на основі таких правил [120, 121]:

- межі області мають охоплювати ті елементи середовища, вплив яких на досліджуваний об'єкт не дорівнює нулю;
- за межами області значимої взаємодії дія досліджуваного об'єкта на середовище має прагнути до нуля.

Спільний розгляд завдання й об'єкта дослідження дає змогу визначити необхідні характеристики моделі та вимоги до її властивостей [120]. У якості основних характеристик моделі виділяють повноту, абстрактність, точність та інші [120, 121].

На наступному етапі виконуємо вибір способу формування моделі. Найбільш загальними правилами вибору є такі [121]:

- якщо об'єкт не занадто складний і його властивості можуть бути виявлені на основі теоретичних представлень, тоді обирають аналітичний спосіб формування моделі;

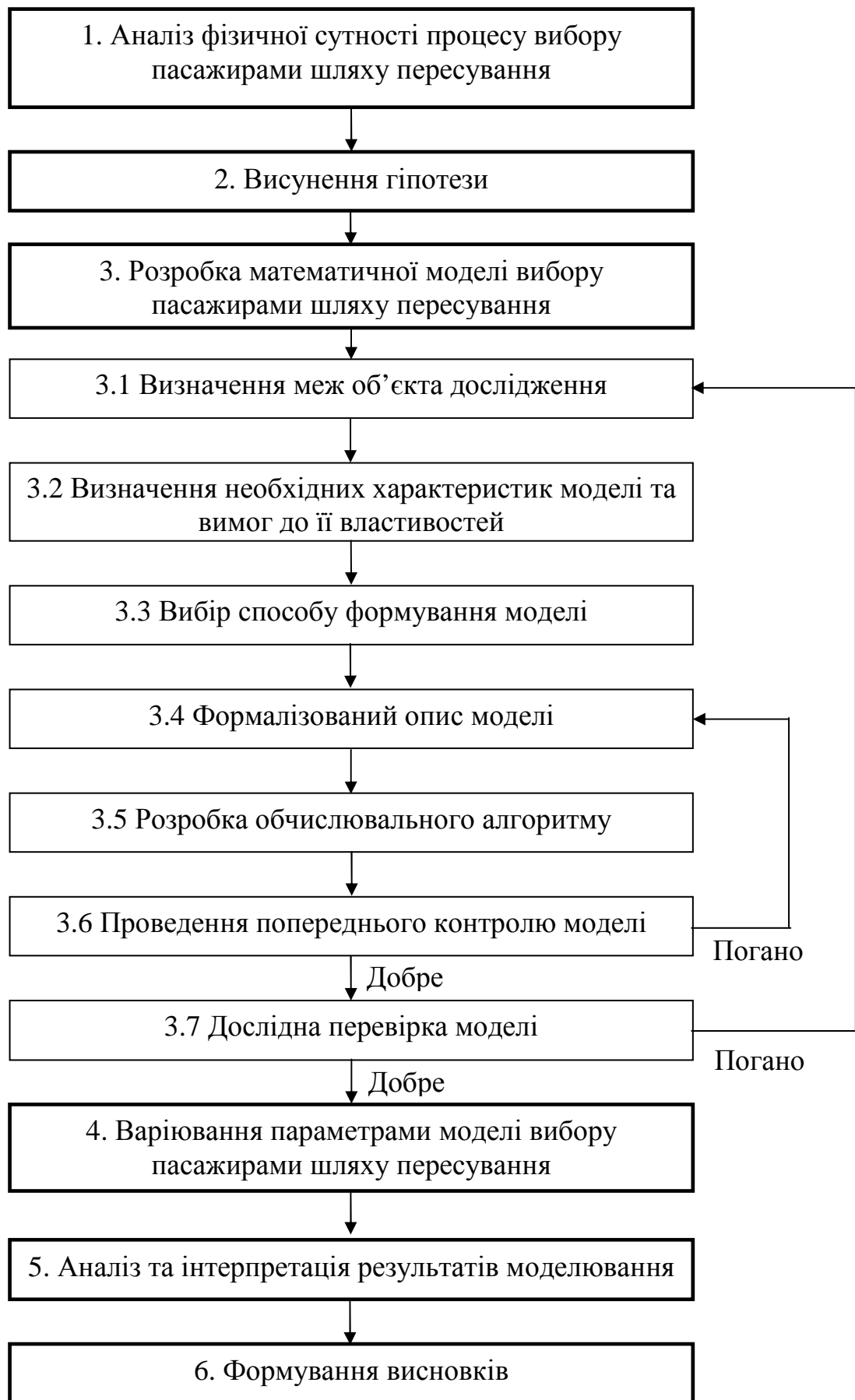


Рисунок 2.1 – Структурно-логічна схема дослідження

– якщо об'єкт складний і мало вивчений, тоді вибирають спосіб експериментального визначення суттєвих для вирішення завдання властивостей і характеристик об'єкта. Результати такого експериментального дослідження представляють у вигляді імовірісно-статистичної моделі;

– якщо об'єкт дуже складний, тоді вибирають спосіб імітаційного моделювання. У якості моделей-блоків імітаційної моделі використовують аналітичні чи експериментальні моделі елементів об'єкта.

Згідно з обраним способом формування моделі проводиться її формалізований опис. Після цього розробляється обчислювальний алгоритм моделі, який становить ланцюжок алгебраїчних формул, за якими проводять обчислення, і логічних умов, що дають змогу встановити потрібну послідовність застосування цих формул [121].

Після розробки обчислювального алгоритму проводять попередній контроль моделі. Цей етап передбачає проведення таких видів контролю [121]: розмірностей, порядків, характеру залежностей, екстремальних ситуацій, граничних умов, математичної замкненості, фізичного сенсу, стійкості моделі.

На наступному етапі передбачається дослідна перевірка моделі та проведення оцінки її адекватності.

У разі достатньої відповідності властивостей моделі властивостям реального процесу переходимо до проведення математичного дослідження. В іншому випадку необхідно внести зміни до моделі з метою підвищення її адекватності.

Проведення математичного дослідження передбачає варіювання керованими змінними моделі з метою визначення закономірностей вибору пасажирів шляху пересування.

На заключному етапі проводиться аналіз та інтерпретація результатів моделювання.

2.2 Аналіз фізичної сутності процесу вибору пасажирів шляху пересування

Розподіл пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту є складним процесом. Це пов'язано зі значною кількістю факторів, що його обумовлюють, наявністю прямих і зворотних зв'язків між ними. Значна кількість чинників має якісний характер і лежить поза межами транспортної системи. Усе це зумовлено визначальною роллю людини (пасажирів) у розглянутому процесі, рішення та поведінку яких складно прогнозувати.

Структурна схема процесу формування пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту наведена на рисунку 2.2.

В основі формування пасажиропотоків лежать величина та спрямованість кореспонденцій. Величина кореспонденцій характеризується кількістю пасажирів, які здійснюють пересування між відповідними пунктами відправлення та призначення в певний проміжок часу. Спрямованість кореспонденцій задається взаємним просторовим розміщенням пунктів відправлення та призначення у плані міста.

При здійсненні пересування пасажир використовує той чи інший шлях пересування з множини альтернативних. Кількість варіантів шляху пересування залежить від характеристик маршрутної мережі, до яких відносять щільність, розвиненість, протяжність маршрутів і їхнє пролягання у плані міста, параметри функціонування маршрутів.

Щільність маршрутної мережі є важливою характеристикою, що визначається як відношення довжини маршрутної мережі до селітебної площі міста. Чим вища щільність мережі, тим менша відстань між маршрутами та менші витрати часу пасажирів на підхід до зупинних пунктів [6, 9, 10, 96]. За таких умов пасажир може здійснювати підхід не до найближчого зупинного пункту, а більш віддаленого, що за певних умов є більш привабливим.

Розвиненість маршрутної мережі характеризується маршрутним коефіцієнтом. Цей показник визначає кількість кілометрів маршрутів, що в середньому припадають на один кілометр довжини маршрутної мережі [10, 27]. Чим вище значення маршрутного коефіцієнта, тим більше можливостей надається пасажиром для вибору маршруту прямого сполучення, зменшуючи в такий спосіб кількість пересадок із одного маршруту на інший [25].

Розподіл пасажиропотоків маршрутною мережею залежить від довжини та розміщення маршрутів у плані міста відносно житлових масивів, промислових підприємств, адміністративних і культурних центрів [33]. Протяжність маршрутів і їхнє розміщення у плані міста мають відповідати напрямку пасажиропотоків. Їх визначають виходячи з умов забезпечення максимальної безпересадності та мінімальних витрат часу на пересування [10]. Найважливіші пункти утворення та поглинання пасажиропотоків за наявності сталого попиту мусять мати прямий транспортний зв'язок за найкоротшими напрямками як один із одним, так і з іншими районами міста [27].

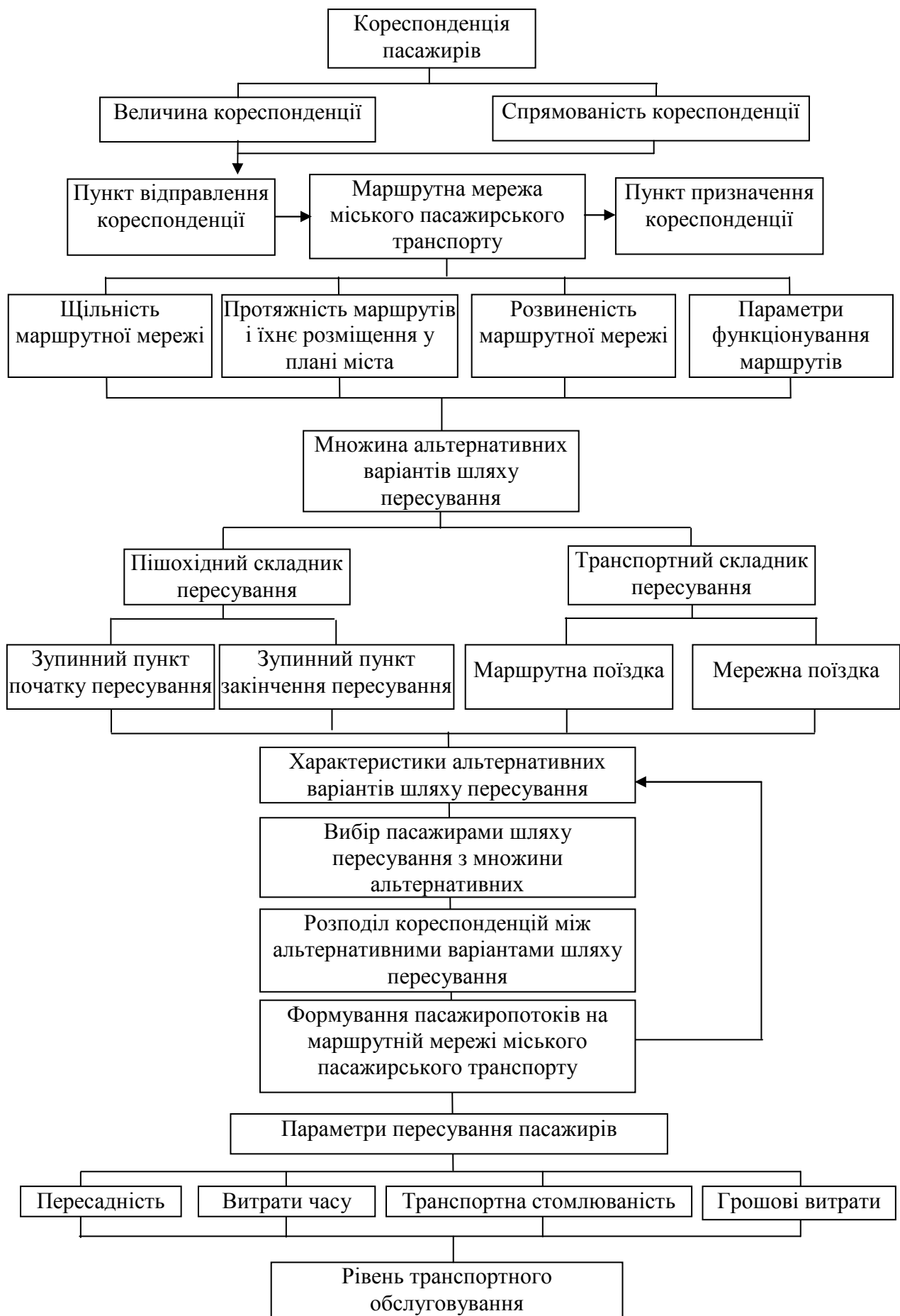


Рисунок 2.2 – Структурна схема процесу формування пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту

До параметрів функціонування маршрутів відносять кількість і пасажиромісткість транспортних засобів, режим руху транспортних засобів (звичайний, таксомоторний, експресний), регулярність руху та швидкісні характеристики. Усі ці показники визначають витрати часу пасажирів на очікування транспортних засобів на зупинних пунктах і здійснення поїздки. Крім цього, відповідність кількості та пасажиромісткості транспортних засобів визначає ступінь заповнення салону транспортних засобів.

Структурно альтернативні варіанти шляху пересування можуть відрізнятися пішохідним і транспортним складниками. При здійсненні пересування пасажир має змогу обирати зупинний пункт початку (закінчення) пересування, використовувати маршрути прямого сполучення (здійснювати маршрутну поїздку) або здійснювати пересування з пересадками (мережну поїздку). У будь-якому випадку перевага того чи іншого шляху пересування залежить від характеристик альтернатив. Порівнюючи характеристики різних варіантів, пасажир обирає один із множини альтернативних, що найбільшою мірою відповідає його вимогам. Індивідуальність прийняття рішення пасажиром, вплив імовірнісних факторів та обмеженість транспортної пропозиції призводять до того, що між кожним пунктом відправлення та призначення пересування здійснюється не за одним, а декількома шляхами.

Індивідуальні характеристики пасажирів можуть бути виражені соціально-економічними й особистісними якостями. Імовірнісні фактори транспортного процесу обумовлюють випадковий характер параметрів пересувань, внаслідок чого час очікування пасажиром транспортного засобу та здійснення поїздки не є сталими величинами. Бажання пасажирів скоротити час очікування може бути реалізоване шляхом використання першого транспортного засобу, який підійшов до зупинного пункту. Обмеженість транспортної пропозиції характеризується максимальною кількістю пасажирів, яких можна перевезти на тому чи іншому маршруті за певний проміжок часу. Крім того, спостерігається зворотний зв'язок між величиною кореспонденції, що реалізується за складниками шляху пересування та характеристиками привабливості цього шляху.

Унаслідок вибору пасажиром шляху пересування відбувається розподіл кореспонденцій між альтернативними варіантами. Визначивши, яким чином кореспонденції розподіляються для кожної пари районів відправлення та призначення пересувань, можна отримати величину

пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту.

Унаслідок розподілу пасажиропотоків формуються витрати часу пасажирів на здійснення пересувань, середня кількість пересадок, рівень транспортної стомлюваності пасажирів, грошові витрати на оплату проїзду. За переліченими показниками можна судити про рівень транспортного обслуговування пасажирів і досконалість маршрутної мережі міського пасажирського транспорту.

Аналіз фізичної сутності процесу вибору пасажирями шляху пересування, дає змогу сформулювати гіпотезу дослідження. Робоча гіпотеза – зміна параметрів транспортної системи перевезення пасажирів і рівня життя населення впливає на закономірності вибору пасажирями шляху пересування.

Таким чином, важливим аспектом у формуванні пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту є математичний опис прийняття рішення пасажирями щодо вибору шляху пересування.

2.3 Визначення способу формування моделі вибору пасажирями шляху пересування

Прийняття рішення визначають як дію над множиною альтернатив, унаслідок якої виходить підмножина обраних альтернатив (зазвичай одна чи декілька альтернатив). Звуження множини альтернатив можливе, якщо можна порівняти альтернативи одна з одною та визначити найкращі. Найбільш розповсюдженою мовою описання є критеріальна. Цей підхід базується на припущенні, згідно з яким кожен альтернативу можна оцінити відповідним числом (значенням критерію), а порівняння альтернатив зводиться до порівняння чисел, що їм відповідають. Складність винайдення найкращої альтернативи суттєво зростає через те, що оцінка за одним критерієм є спрощеною. Унаслідок цього найчастіше оцінку альтернативи проводять не за одним, а за декількома критеріями, які, у свою чергу, можуть мати як кількісний, так і якісний характер. У такому випадку для вирішення завдання вибору багатокритеріальне завдання зводять до однокритеріального шляхом формування суперкритерію. Вигляд функції визначають залежно від внеску кожного критерію в суперкритерій. Зазвичай використовують адитивні або мультиплікативні функції [120 – 123].

Складність математичного опису вибору пасажирями шляху пересування зумовлена багатфакторністю цього процесу. Чинники, що визначають вибір пасажирями шляху пересування мають, різний фізичний зміст, одиниці вимірювання та ступінь впливу на досліджуваний процес. Крім цього, між факторами вибору спостерігається значна кількість як прямих, так і зворотних зв'язків. Тобто при моделюванні вибору пасажиром шляху пересування слід враховувати сукупність факторів, що впливають на досліджуваний процес, і взаємозв'язки між ними.

Достатньо довгий час процес вибору розглядали як функцію від найбільш значущого фактора, у якості якого використовували час пересування (поїздки). Такий підхід, однак, є недостатньо виправданим і не дає змоги отримати адекватні результати моделювання.

Більш широкий підхід передбачає зведення критерію вибору до інтегральної характеристики шляхів пересування. Використовують два підходи до формування інтегрального показника:

- 1) зведення факторів, що впливають на вибір, до грошового або часового вимірника;
- 2) побудова функції корисності.

Важливе значення при використанні першого підходу має визначення вартісної оцінки часу пасажирів. На думку автора праці [124], користування транспортом є одним з не багатьох видів діяльності, де традиційний економічний аналіз враховує витрати часу у явному вигляді.

Проблема вартості часу є актуальним предметом дослідження багатьох учених-транспортників [28, 32, 51, 125–128]. У транспортних розрахунках грошову оцінку вартості часу використовують при обґрунтуванні економічної доцільності витрат на розвиток транспортних систем, прогнозуванні розподілу вантажів і пасажирів між різними видами транспорту, оцінці економічного ефекту від прискорення транспортного процесу [127].

Підходи до визначення вартості часу у вантажних і пасажирських перевезеннях значно відрізняються. Час доставки вантажів впливає на тривалість періоду оборту матеріальних коштів. Унаслідок цього економічну ефективність прискорення доставки вантажів визначають виходячи з вартості матеріальних коштів, що вивільняється для виробничого використання внаслідок зниження часу доставки [129].

Слід зазначити, що єдиної точки зору як на методику, так і на основи розрахунку вартості часу пасажирів, ще не має. Через це оцінки змінюються в широких межах [125, 127, 128].

Для оцінки вартості часу пасажирів використовують здебільшого два підходи: народногосподарський та індивідуальний [127]. Перший передбачає визначення вартості часу залежно від додаткового ефекту, який пасажир може дати народному господарству за зекономлений час. Індивідуальна оцінка вартості часу визначається розміром витрат, які пасажир готовий нести для економії часу [127].

Для опису вибору пасажирами шляху пересування більш придатним є другий підхід, оскільки він більшою мірою відповідає сутності процесу. Унаслідок цього оцінку вартості часу пересування пасажирів будемо розглядати виходячи з позицій індивідуального підходу. Проаналізуємо методи, які при цьому застосовують, більш докладно.

Деякі дослідники вважають: оскільки пасажири здійснюють пересування не в робочий час, кожна витрачена хвилина оцінюватиметься менше за хвилину, витрачену на роботі. Наскільки менше – можна встановити тільки умовно. Верхньою межею при цьому виступає середня заробітна платня, тобто середня оцінка робочого часу [125].

Автор праці [127] вважає, що поїздки до місця праці слід розглядати як частину робочого дня, як його підготовчий період, якість якого визначає успішний початок і результативність процесу праці. Унаслідок цього, на думку науковця, економію часу при здійсненні трудових пересувань слід оцінювати так само високо, як і робочий час.

У працях [130, 131] учені зазначають, що в середньому пасажири оцінюють витрати часу на проїзд у громадському транспорті приблизно в половину заробітної платні. Час, що витрачається на рух пішки й очікування транспорту, пасажири оцінюють у два рази вище, тобто 1 – 1,5 годинного заробітку. При цьому вартість часу збільшується не зовсім пропорційно зростанню доходу: 50 % різниця в доходах дає менш ніж 50 % різницю у вартості витрат часу.

За даними праці [42] вартісна оцінка вільного часу пасажира може бути визначена виходячи з наступної залежності:

$$C_{\text{год}} = \frac{3\Pi_{\text{ср}}}{\Phi_{\text{км}} - (\Phi_{\text{рм}} + \Phi_{\text{ом}})}, \quad (2.1)$$

де $ЗП_{cp}$ – середньомісячна заробітна плата одного працівника, грн;

Φ_{km} – годинний фонд календарного місяця, год;

Φ_{pm} – місячний фонд робочого часу, год;

Φ_{om} – місячний фонд вільного часу, год.

Таким чином, оцінку вартості часу пасажирів доцільно розглядати як функцію від величини їх доходу. Це дасть змогу розглянути вартість часу як змінну величину та дослідити залежність рішень із вибору пасажирями шляху пересування від рівня доходів населення.

Вплив величини пасажиропотоку, що реалізується за альтернативними варіантами шляху пересування, на їхні характеристики обчислюють шляхом включення додаткових хвилин у час очікування та здійснення поїздки.

Такий підхід, однак, є спрощеним і не повною мірою відповідає фізичній сутності процесу, що розглядається. У першому випадку припущення про зростання часу очікування зі збільшенням кількості пасажирів, які бажають здійснити поїздку у транспортному засобі, є цілком виправданим. Попри це, намагання оцінити ступінь дискомфорту пасажирів, викликаного переповненням транспортних засобів, додатковими хвилинами є більшою мірою штучним прийомом. За даними праці [9], зі зростанням величини пасажиропотоку збільшується загальна маса транспортного засобу. При цьому перевезення пасажирів при заповненні більш ніж на 3 пас/м² вільної площі підлоги салону викликає зниження швидкості сполучення приблизно на 0,4 км/год в розрахунку на кожні додані 0,5 пас/м².

Я. Цибулка вказує, що дискомфорт у системі міського громадського транспорту можна вимірювати ступенем психологічної та фізичної втоми [11].

При використанні другого підходу щодо формування інтегрального показника варіантів шляху пересування використовують функцію корисності. Найбільш часто функцію корисності представляють лінійною залежністю від факторів, що її визначають. У якості факторів враховують [54, 65]:

- час руху до і від зупинного пункту;
- час очікування транспортного засобу;
- час здійснення поїздки;
- тариф за проїзд;
- кількість пересадок та ін.

Кожному з указаних факторів відповідає емпіричний коефіцієнт, що характеризує ваговий внесок цього фактора у значення функції корисності. Емпіричні коефіцієнти здебільшого визначаються за результатами обробки матеріалів обстежень за допомогою регресійного аналізу.

Недоліком такого підходу є те, що ваговий внесок кожного з чинників визначається за результатами експериментальних досліджень і характеризує ті соціально-економічні умови, за яких вони були проведені. Зі зміною соціально-економічних умов для отримання адекватних результатів потрібне калібрування моделі.

Таким чином, доцільно з усієї сукупності факторів, що впливають на вибір пасажиром шляху пересування, визначити ті, які зумовлюють зміну пріоритетів вибору. Тобто встановити чинники, які характеризують соціально-економічні умови життя населення та впливають на зміну закономірностей вибору пасажиром шляху пересування.

В основі будь-якого переміщення лежить потреба в його здійсненні, що виявляється в меті реалізувати суспільні функції населення в різних зонах міського простору (трудові переміщення, культурно-побутові тощо). Задоволення цих потреб є основним завданням міського пасажирського транспорту. Не зважаючи на позитивний аспект, слід урахувувати й негативні наслідки транспортного процесу для пасажирів. Під час пересування пасажир витрачає час на його здійснення, грошові ресурси (вносить плату за проїзд), стомлюється. У свою чергу, транспортна стомлюваність позначається на зниженні продуктивності праці пасажирів, що призводить до зниження їхнього доходу.

При виборі шляху пересування пасажир прагне зменшити різні витрати пов'язані з пересуванням і його здійснення у комфортних умовах.

Усю сукупність факторів, що впливають на вибір пасажиром шляху пересування, можна розбити на чотири групи:

1. Чинники, що впливають на витрати часу пасажирів при пересуванні.
2. Фактори, що позначаються на зручності (комфортабельності) при пересуванні.
3. Чинники, що характеризують грошові витрати пасажирів.
4. Фактори, які відбивають соціально-економічні умови життя населення.

До першої групи належать усі чинники, що впливають на час здійснення переміщення за його складниками (відстань пішого підходу до зупинного пункту, плановий інтервал руху, імовірність відмови пасажиру в посадці, швидкість сполучення та інші).

Друга група включає фактори, що позначаються на величині транспортної стомлюваності пасажирів і зниженні їхнього доходу на виробництві внаслідок пересування. До них належать чинники першої групи, що визначають витрати часу на здійснення складників пересування (пішохідний складник пересування, очікування транспортного засобу та здійснення поїздки) та коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу.

До грошових витрат пасажирів належить величина маршрутного тарифу. У випадку здійснення мережної поїздки грошові витрати визначаються як сума величини тарифу за використовуваними маршрутами.

У якості характеристик соціально-економічних умов життя населення використовується рівень доходів населення. Залежно від його значення визначається вартість години вільного часу пасажирів та зниження його доходу на виробництві внаслідок переміщення.

Структурну схему інтегральної характеристики шляхів пересування, наведено на рисунку 2.3.

Вибір шляху пересування кожен пасажир здійснює керуючись власними уподобаннями. За таких умов вибір суттєво залежить від індивідуальних характеристик осіб, які приймають рішення.

В економічних дисциплінах значну увагу приділяють вивченню поведінки споживачів і факторів, які її визначають [124, 132]. При цьому виділяють такі групи чинників, що обумовлюють поведінку споживачів: культурні, соціальні, особистісні та психологічні.

При ухваленні рішення щодо вибору шляху пересування пасажир керується критеріями мінімізації витрат часу та грошей на оплату проїзду, максимізації комфортабельності пересування.

За даними праці [10], із 16 годин добового бюджету часу (за виключенням 8 годин на сон) мешканець міста витрачає до 7–8 % і більше на пересування в різних цілях. Скорочення витрат транспортного часу дає змогу використовувати їх у сфері матеріального виробництва та організації культурного дозвілля: відпочинок, навчання, заняття спортом та інше.



Рисунок 2.3 – Структурна схема інтегральної характеристики шляхів пересування

Витрати часу на пересування розглядають як суму таких складників: час пішого руху до (від) зупинного пункту, очікування транспортного засобу, здійснення поїздки, витрати часу пов'язані зі здійсненням пересадок.

Витрати часу на здійснення пішохідного складника транспортного пересування зумовлені впливом таких факторів, як щільність маршрутної мережі, довжина перегонів маршрутів міського пасажирського транспорту, ступінь непрямолінійності підходу [10].

Зі зростанням щільності маршрутної мережі зменшується відстань між місцем відправлення (призначення) та зупинними пунктами. Зменшення довжини перегону призводить до скорочення витрат часу на пішохідний рух пасажирів до (від) зупинного пункту, однак це позначається на зростанні часу поїздки внаслідок зменшення швидкості сполучення [10, 32]. Ступінь непрямолінійності підходу залежить від планувальних характеристик території й особливостей розміщення забудови [10].

Крім того, на час пішохідного руху впливає вибір зупинного пункту [10]. У районах із розвинутою маршрутною мережею пасажирів можуть скористатися не найближчим зупинним пунктом, а більш віддаленими. При виборі зупинного пункту пасажирів прагнуть здійснити прямі сполучення або зменшити кількість пересадок; зменшити витрати часу на очікування; отримати економію часу поїздки за рахунок користування послугами маршрутів, траса яких проходить за найкоротшим шляхом і які забезпечують більш високу швидкість сполучення.

Час очікування пасажирів транспортним засобом на зупинному пункті визначається такими параметрами, як інтервал руху транспортних засобів, регулярність руху (відхилення від планового інтервалу) та відповідність кількості та пасажиромісткості транспортних засобів попиту на перевезення.

Плановий інтервал руху транспортних засобів залежить від їхньої кількості та часу обертів. Регулярність руху можна оцінити за середнім квадратичним відхиленням від планового інтервалу руху. У випадку невідповідності кількості та пасажиромісткості транспортних засобів попиту на перевезення деяка частина пасажирів не може здійснити поїздки в першому транспортному засобі, що надходить до зупинного пункту, через його переповнення. Унаслідок цього середній час очікування пасажирів зростає.

Витрати часу на здійснення поїздки залежать від її відстані та швидкості сполучення транспортних засобів на маршруті.

Витрати часу на пішохідний рух при здійсненні пересадок залежить від взаємного розміщення зупинних пунктів (конфігурації пересадного вузла) й організації пішохідного руху в пересадному вузлі.

Тарифи на користування послугами міського пасажирського транспорту визначаються діючою тарифною системою, собівартістю перевезень на маршруті, планованим рівнем рентабельності перевезень, рівнем дотацій та іншими факторами.

Комфортабельність пересувань є якісною характеристикою. Для кількісної оцінки виділяють сукупність факторів, що її складають. Розглядаючи чинники, що визначають категорію комфорту, автор праці [12] виділяє дві підкатегорії. Перша – охоплює характеристики, які описують положення системи міського громадського транспорту в часі та просторі, тобто характеристики комфорту поза транспортними засобами (регулярність і надійність, доступність зупинних пунктів, час очікування транспортного засобу, кількість пересадок). Друга підкатегорія включає характеристики комфорту у міських пасажирських транспортних засобах (наявність і розмір місць для сидіння та стояння; шум у транспортному засобі та на зупинних пунктах; кількість, розмір і розміщення дверей, сходинок та інше; вентиляція, опалення й освітлення; характеристики прискорення та сповільнення транспортного засобу та вібрації).

Незважаючи на конструктивні відмінності рухомого складу різних видів транспорту, думки дослідників збігаються, в тому, що найбільш вагомими факторами, які визначають комфортабельність пересувань, є ступінь заповнення салону транспортного засобу при здійсненні поїздки та час пересування [12, 30, 32, 133, 134]. Зі зростанням часу поїздки прогресивно знижується можливість організму чинити опір шкідливим зовнішнім впливам. Існує визначена межа транспортного часу, після якого наростання транспортної стомлюваності проявляється особливо різко [10]. Переповнення транспортних засобів при поїздках до місця прикладення праці впливає на працездатність пасажирів, особливо протягом першої години роботи [11].

Виходячи з оцінки функціонального стану пасажирів, можна визначити ступінь транспортного стомлення [133]. Рівень транспортного стомлення впливає на продуктивність праці пасажирів [10]. У свою чергу, зниження продуктивності праці позначається на рівні доходів пасажирів

[133]. Таким чином, зниження доходу пасажирів внаслідок розвитку транспортної стомлюваності можна розглядати як кількісний показник, що характеризує комфортабельність пересування.

Вибір пасажирів шляху пересування здійснюється за визначених умов зовнішнього (відносно транспортного процесу) середовища, що характеризується соціально-економічними факторами життя населення. Тобто транспортна система функціонує в певних соціально-економічних умовах, що характеризуються рівнем життя населення.

Рівень життя є кількісною характеристикою задоволення потреб населення в економічно оцінюваних благах і послугах за досягнутого рівня розвитку економіки країни. Рівень життя відбиває ступінь задоволення матеріальних і духовних потреб людей, що досягається за рахунок розвитку продуктивних сил суспільства, створюваних економічних і матеріальних умов і можливостей, і визначається, насамперед, співвідношенням рівня доходів і вартості життя [76].

Рівень доходів є показником наявних ресурсів, тому що містить, крім поточних доходів, і накопичені заощадження. Із метою спрощення обчислень, однак, може бути використаний і більш розповсюджений показник середньодушового грошового доходу [76].

Таким чином, усю сукупність факторів, що впливають на вибір пасажирів шляху пересування, можна поділити на чотири групи: чинники, що впливають на витрати часу пасажирів при пересуванні; фактори, що позначаються на зручності (комфортабельності) при пересуванні; чинники, що характеризують грошові витрати пасажирів; фактори, які відбивають соціально-економічні умови життя населення.

У якості інтегральної характеристики альтернативних шляхів пересування можна використовувати узагальнену вартість пересування як суму вартісної оцінки витрат часу, зниження доходу пасажирів внаслідок дії транспортної стомлюваності та величини плати за проїзд. Такий підхід дає змогу врахувати сукупність факторів, що зумовлюють вибір пасажирів шляху пересування, та системні зв'язки між ними.

РОЗДІЛ 3

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ

3.1 Складники та варіанти шляху пересування

Пересування включає пішохідний складник, поїздку у транспортному засобі за одним або декількома маршрутами, у разі здійснення мережної поїздки. При здійсненні пішого підходу (відходу) до (від) зупинного пункту пасажери можуть користуватися більш віддаленим зупинним пунктом замість розташованого поблизу пункту відправлення (призначення).

Ураховуючи зазначені обставини, розгляду підлягають вісім варіантів шляху пересування, що становлять різні поєднання варіантів здійснення пішохідного складника пересування та поїздки (рис. 3.1).

Цифрами у плоскій матриці варіантів шляху пересування зазначено їхній порядковий номер.

Наприклад, під першим варіантом шляху пересування (рис. 3.1) мається на увазі здійснення пішохідного підходу до найближчого зупинного пункту, здійснення маршрутної поїздки та відхід від зупинного пункту кінця маршрутної поїздки до місця призначення. У цьому випадку найближчим вважається зупинний пункт, розташований у межах транспортного району відправлення або призначення кореспонденції.

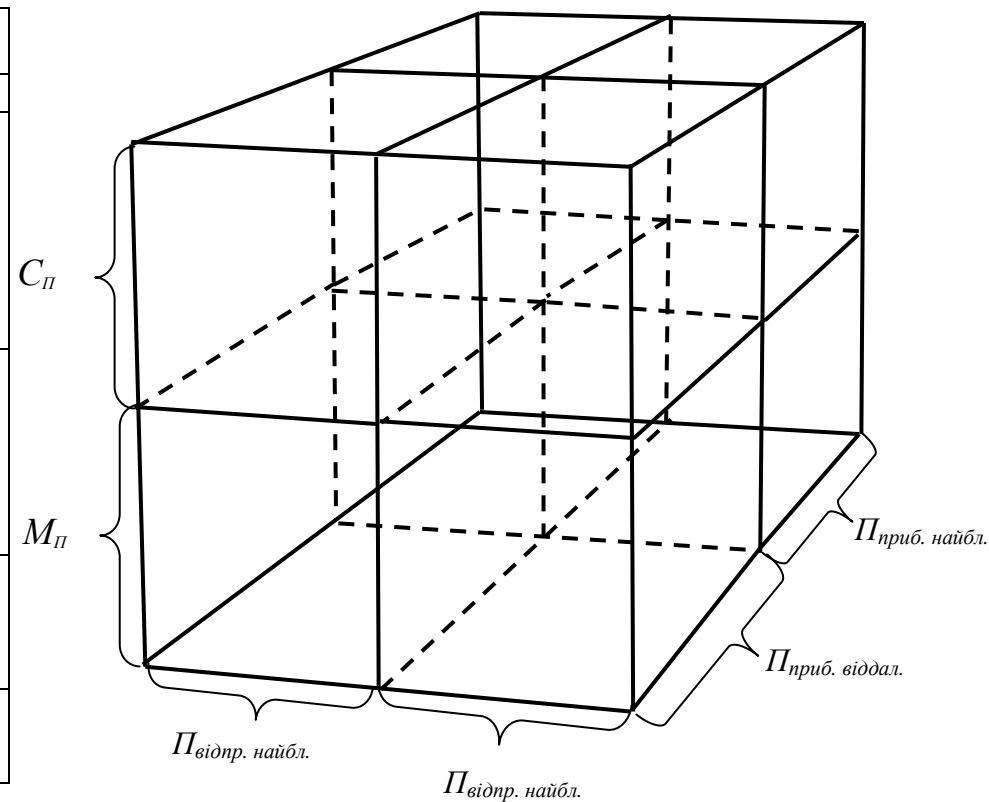
Визначення сукупності альтернативних шляхів пересування в результаті розгляду різних варіантів поєднання способів здійснення пішохідного складника пересування та поїздки у транспортному засобі (маршрутної та мережної) дозволяє враховувати можливість вибору пасажирами зупинного пункту початку (закінчення) пересування.

3.2 Узагальнена вартість пересування пасажирів

Фактори, що зазначені в підрозділі 2.3, мають різну розмірність. Це ускладнює їхнє співставлення при аналізі взаємного впливу на вибір пасажирами шляху пересування. У зв'язку з цим запропоновано підхід, який ґрунтується на зведенні оцінного показника варіантів шляху пересування до вартісного вираження з наступним урахуванням факторів, що характеризують соціально-економічний рівень життя населення.

		Варіанти поїздки			
		M_{Π}	M_{Π}	C_{Π}	C_{Π}
Варіанти пішого підходу до зупинного пункту	$P_{\text{відпр. найбл.}}$	1	2	3	4
	$P_{\text{відпр. віддал.}}$	5	6	7	8
	$P_{\text{приб. найбл.}}$	$P_{\text{приб. віддал.}}$	$P_{\text{приб. найбл.}}$	$P_{\text{приб. віддал.}}$	
		Варіанти пішого відходу від зупинного пункту			

а)



б)

Рисунок 3.1 – Матриця варіантів шляху пересування:

а) плоска; б) просторова;

M_{Π} , C_{Π} – відповідно маршрутна та мережна поїздка; $P_{\text{відпр. найбл.}}$, $P_{\text{відпр. віддал.}}$ – відповідно пішохідний рух від місця відправлення до найближчого та більш віддаленого зупинного пункту; $P_{\text{приб. найбл.}}$, $P_{\text{приб. віддал.}}$ – відповідно пішохідний рух до місця прибуття від найближчого та більш віддаленого зупинного пунктів.

У якості інтегральної характеристики шляхів пересування запропоновано використовувати узагальнену вартість пересування (узагальнені витрати) пасажирів як суму наступних складників:

$$C_{nepij}^k = t_{nepij}^k C_{zod} + C_{dij}^k + T_{ij}^k, \quad (3.1)$$

де t_{nepij}^k – загальні витрати часу на пересування між транспортними районами i та j по шляху пересування k , год;

C_{zod} – вартість однієї години вільного часу пасажирів, грн/год;

C_{dij}^k – зниження доходу пасажирів на виробництві внаслідок пересування по шляху k між транспортними районами i та j , грн;

T_{ij}^k – величина плати за проїзд у міському пасажирському транспорті по шляху пересування k , грн.

Витрати часу на пересування при здійсненні маршрутної поїздки, визначається за такою формулою [10]:

$$t_{nep} = t_{niu1} + t_{oi} + t_{na\ddot{z}o} + t_{niu2}, \quad (3.2)$$

де t_{niu1} , t_{niu2} – відповідно час на піший підхід і відхід від зупинного пункту, хв.;

t_{oi} – час очікування транспортного засобу на зупинному пункті, хв.;

$t_{na\ddot{z}o}$ – час здійснення поїздки у транспортному засобі, хв.

Витрати часу на пересування пасажирів при здійсненні мережної поїздки можна подати в такому вигляді:

$$t_{nep} = t_{niu1} + \sum_{i=1}^n (t_{oi} + t_{na\ddot{z}oi}) + \sum_{i=1}^{n-1} t_{ni} + t_{niu2}, \quad (3.3)$$

де t_{ni} – час на пішохідний рух між зупинними пунктами при здійсненні пересадки, хв.;

n – кількість маршрутних поїздок у мережній, од.

Витрати часу на пішохідний складник транспортного пересування залежать від низки факторів, серед яких виділяють щільність транспортної мережі та середню довжину перегону маршруту міського пасажирського

транспорту. Для визначення середньої відстані й часу пішохідного руху найчастіше використовують такі формули [10]:

$$l_{niu} = k_{nn} k_{\epsilon z} \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4} \right), \quad t_{niu} = \frac{k_{nn} k_{\epsilon z}}{V_{niu}} \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4} \right), \quad (3.4)$$

де V_{niu} – швидкість руху пішохода, км/год;

k_{nn} – коефіцієнт непрямолінійності підходу (у розрахунках приймають $k_{nn}=1,2$);

$k_{\epsilon z}$ – коефіцієнт вибору зупинного пункту, що забезпечує економію загальних витрат часу на пересування порівняно з поїздкою від найближчого зупинного пункту, $k_{\epsilon z} = 1 + \frac{V_{niu}}{V_c}$;

V_c – швидкість сполучення виду транспорту, що розглядається, км/год;

δ – щільність транспортної мережі, км/км²;

l_n – довжина перегону, км.

Здебільшого витрати часу на пішохідний підхід від пункту відправлення до зупинного пункту та від зупинного пункту до пункту призначення приймають рівними й враховують усередненою величиною [10].

Використання залежності (3.4) дає змогу визначити витрати пішохідного часу в окремих зонах міста (центральної, серединній, периферійній) [10]. Не зважаючи на це, навіть для зупинних пунктів, розташованих в одній зоні міста, середні витрати пішохідного часу можуть значно відрізнятись. Крім цього, наведений у залежності (3.4) $k_{\epsilon z}$ не повною мірою враховує особливості вибору пасажиром зупинного пункту, тобто величину економії загальних витрат часу на пересування й частку кореспонденції, що здійснює поїздку від більш віддаленого зупинного пункту.

Середній час очікування пасажиром транспортного засобу визначається за такою залежністю [28, 30, 135]:

$$t_{oc} = \frac{I_{nl}}{2} + \frac{\sigma^2}{2I_{nl}} + \frac{P_{\epsilon id}}{1 - P_{\epsilon id}} I_{nl}, \quad (3.5)$$

де I_{nl} – плановий інтервал руху на маршруті, хв.;

σ – середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу руху, хв.;

$P_{\epsilon id}$ – імовірність відмови пасажиру в посадці.

Для визначення імовірності відмови пасажирів в посадці дослідники використовують різні залежності [9, 36, 136], аналіз яких наведено у праці [135]. Найбільш повною, на наш погляд, є залежність, запропонована В. К. Долею та Ю. О. Давідічем [28, 30, 105, 135], що враховує імовірнісний характер прибуття пасажирів до зупинного пункту та відхилення транспортних засобів від розкладу руху:

$$P_{\text{від}_i} = \sum_{\Delta I_z = -I_{\text{cp}}}^{I_{\text{cp}}} \left[\left(\sum_{K=\omega_i+1}^M \frac{(\lambda_i(I_{\text{cp}} + \Delta I_z))^K}{K!} e^{-(\lambda_i(I_{\text{cp}} + \Delta I_z))} \frac{K - \omega_i}{K} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{\Delta I_z^2}{2\sigma^2} T} \right], \quad (3.6)$$

де λ – інтенсивність прибуття пасажирів на зупинний пункт, пас./хв.;

K – кількість пасажирів, які прибувають на зупинний пункт, пас;

ω_i – кількість вільних місць в салоні транспортного засобу, пас.

I_{cp} – математичне очікування інтервалу руху, $T_{\text{об}}/A = I_{\text{cp}}$, хв.;

M – максимально можлива кількість пасажирів, які підійшли до зупинного пункту, пас.;

σ – середнє квадратичне відхилення інтервалу руху, $0 \leq I \leq 2I_{\text{cp}}$, хв.

T – крок зміни інтервалу, $T = 2I_{\text{cp}}/n$, хв.

Середнє квадратичне відхилення σ визначається з припущення: $0 \leq I \leq 2I_{\text{cp}}$, фізичний зміст якого полягає в тому, що транспортні засоби у своєму пересуванні за маршрутом не обганяють одне одного [9, 36, 135]. При $I = 0$ та $I = 2I_{\text{cp}}$ рухома одиниця дожене на i -й зупинці свого попередника або, відповідно, його дожене наступна за ним. Таким чином, щільність розподілу ймовірностей для випадкової величини I має вигляд нормального закону розподілу [28, 30, 105, 135]. Обчислення виконували за допомогою залежності [135]:

$$\sigma = \frac{I_{\text{нл}}}{3}. \quad (3.7)$$

Як бачимо, $P_{\text{від}_i}$ є функцією від інтервалу руху. Ця залежність стає несуттєвою, якщо діапазон зміни для I незначний. Унаслідок цього розбивають відрізок $[0, 2I_{\text{cp}}]$ на n рівних частин (n – парна кількість), вважаючи, що на кожному з відрізків величина I постійна [28, 30, 105, 135].

$$I_1 = \frac{2I_{cp}}{n}, I_2 = \frac{4I_{cp}}{n}, ..., I_Z = \frac{2ZI_{cp}}{n}, ..., I_{n-1} = \frac{(2n-2)I_{cp}}{n}, I_n = 2I_{cp}. \quad (3.8)$$

Позначаючи через $\Delta I_Z = I_Z - I_{cp}$. У цьому випадку I змінюється від $-I_{cp}$ до I_{cp} з кроком T [28, 30, 105, 135].

Час здійснення поїздки у транспортному засобі [9, 11]:

$$t_{mn} = \frac{60 \cdot l_{mn}}{V_c}, \quad (3.9)$$

де l_{mn} – відстань маршрутної поїздки, км.

Зниження доходу пасажирів внаслідок пересування можна визначити за допомогою моделі, запропонованої В. К. Долею та Н. У. Гюльєвим [28, 30, 32, 105, 133]. У відповідності з цією методикою визначення показника функціонального стану пасажирів після здійснення маршрутної поїздки проводиться із залученням такої залежності:

$$P = -0,21 + 1,045(P_1(1 - 0,14(\kappa\gamma_{mn} + 0,6)\ln t_{mn}) + \kappa\gamma_{mn}(\kappa\gamma_{mn} + 0,6)\ln t_{mn}), \quad (3.10)$$

де P – багаточлен, що описує транспортними параметрами функціональний стан організму пасажирів наприкінці маршрутної поїздки, бал;

$\kappa\gamma_{mn}$ – значення коефіцієнта заповнення салону під час маршрутної поїздки з урахуванням коефіцієнта пропорційності;

t_{mn} – час маршрутної поїздки, хв.;

P_1 – багаточлен, який описує транспортними параметрами функціональний стан організму пасажирів перед маршрутною поїздкою, тобто наприкінці її очікування й величина якого визначається таким чином:

$$P_1 = 0,33 + 0,915(P_n(1 - 0,28\ln(t_{oc} + 1)) + 1,12\ln(t_{oc} + 1)) + 0,00107t_{oc}, \quad (3.11)$$

де P_n – початковий функціональний стан пасажирів, бали.

Зниження виробітки пасажирів на виробництві в залежності від їхнього стану визначають за формулою [28, 30, 32, 105, 133]:

$$W_{ij} = -0,0709 + 0,545(P_1 - 3)^2. \quad (3.12)$$

Зниження доходу середньостатистичного пасажирів на виробництві внаслідок пересування визначається за такою формулою [105, 133, 137]:

$$C_{oij} = \frac{D_m W_{ij}}{D_{pm} 100}, \quad (3.13)$$

де D_m – дохід середньостатистичного пасажирів за місяць, грн;

D_{pm} – середня кількість робочих днів у місяці, дн.

Значення коефіцієнта пропорційності визначаємо виходячи із залежності [28, 30, 32, 105, 133, 137]:

$$k = 1 + \left(\frac{\gamma'_{mn}}{\gamma_{mn}} \right)^2 - \frac{\gamma'_{mn}}{\gamma_{mn}}, \quad (3.14)$$

де γ'_{mn} – коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу під час маршрутної поїздки, величина якого зумовлена зайнятістю місць для сидіння пасажирів;

γ_{mn} – коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу при здійсненні маршрутної поїздки.

Величину динамічного коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортних засобів визначали за формулою:

$$\gamma_{(mn)ij}^z = \frac{\sum_{pq} l_{pq}^z F_{pq}^z}{q_n^z l_{ij}^z N_{mz}^z}, \quad i = p, j = q, \quad (3.15)$$

де l_{pq}^z – довжина перегону pq маршруту z між пунктами i початку та j закінчення маршрутної поїздки, км;

F_{pq}^z – величина пасажиропотоку на перегоні pq маршруту z , пас./год;

q_n^z – пасажиромісткість транспортних засобів на маршруті z , пас.;

l_{ij}^z – відстань маршрутної поїздки пасажирів між пунктами i та j на маршруті z , км;

N_{mz}^z – інтенсивність руху транспортних засобів на маршруті z , од./год.

Інтенсивність руху транспортних засобів на маршруті становить величину зворотну інтервалові руху й визначається виходячи з такої залежності [10]:

$$N_{mz}^z = \frac{A^z}{t_{об}^z}, \quad (3.16)$$

де A^z – кількість транспортних засобів на маршруті z , од.;

$t_{об}^z$ – час оберту транспортних засобів на маршруті z , год.

У розгорнутому вигляді залежність (3.1) при здійсненні пасажиром маршрутної поїздки перетворюється на такий вираз:

$$C_{періj}^k = \left[\sum_{i,j} \frac{l_{niu}^k i(j)}{V_{niu}^z} + \frac{l_{mn}^z}{V_c^z} + \left(\frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від}^z}{1 - P_{від}^z} I_{nl}^z \right) \frac{1}{60} \right] C_{zод} + \frac{D_m (-0,0709 + 0,545(\Pi^k - 3)^2)}{D_{pm} 100} + T^z, \quad (3.17)$$

де $l_{neu}^k i(j)$ – відстань пішого руху відповідно у транспортному районі відправлення i та прибуття j при здійсненні пересування по шляху k , км;

$l_{мп}^z$ – відстань маршрутної поїздки на z -му маршруті, км;

V_c^z – швидкість сполучення на z -му маршруті, км/год;

$I_{пл}^z$ – плановий інтервал руху на маршруті z , хв.;

σ_z – середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу руху, хв.;

$P_{від}^z$ – імовірність відмови пасажирu в посадці на зупинному пункті маршруту z ;

T^z – величина тарифу на маршруті z , грн;

Π^k – показник, що характеризує функціональний стан організму пасажирa наприкінці здійснення пересування по шляху k , бали.

У разі здійснення мережної поїздки узагальнені витрати пасажирів визначаються за такою формулою:

$$C_{періj}^k = \left[\sum_{i,j} \frac{l_{ниi}^k}{V_{нии}} + \sum_{z=1}^n \left(\frac{l_{mn}^z}{V_c^z} + \left(\frac{I_{nl}^z}{2} + \frac{\sigma_z^2}{2I_{nl}^z} + \frac{P_{від}^z}{1-P_{від}^z} I_{nl}^z \right) \frac{1}{60} \right) + \sum_{z=1}^{n-1} t_n^z \right] C_q + \frac{D_m (-0,0709 + 0,545(\Pi^k - 3)^2)}{D_{pm} 100} + \sum_{z=1}^n T^z, \quad (3.18)$$

де n – кількість маршрутних поїздок у мережній, од.;

t_n^z – час на пішохідний рух між зупинними пунктами при здійсненні пересадки, год.

Із розглянутої методики визначення узагальнених витрат пасажирів на пересування бачимо, що невирішеними залишилися питання визначення витрат часу на пішохідний складник транспортного пересування та зміни функціонального стану пасажирів при її здійсненні.

3.3 Витрати часу пасажирів на пішохідний складник транспортного пересування

При обґрунтуванні заходів, що припускають внесення змін у конфігурацію та параметри функціонування маршрутної мережі міського пасажирського транспорту, зазвичай потрібен попередній поділ території міста на транспортні райони. При цьому часто виникає необхідність у визначенні витрат часу на пересування в межах окремо взятого транспортного району.

Ступінь деталізації при районуванні, тобто кількість прийнятих транспортних районів, визначається в кінцевому рахунку вимогами до точності розв'язування завдань [29]. Унаслідок того що кореспондують між собою зупинні пункти транспортної мережі, то в якості транспортних районів доцільно приймати зони транспортного впливу зупинних пунктів. Це дає змогу забезпечити можливість побудови повної картограми пасажиропотоків на всіх перегонах транспортної мережі [10].

Конфігурація зони пішохідної доступності зупинних пунктів визначається планувальною структурою прилеглої території. Виходячи з

припущення щодо ізотропності міського простору, вона становить окружність радіуса R_{nd}^{\max} , центром якого є зупинний пункт. Виходячи з припущення, що пункти зародження пересувань до зупинного пункту розташовані усередині його зони пішохідної доступності з рівною щільністю, середній радіус пішохідної доступності можна визначити як радіус інерції [10]:

$$R_{nd}^{cp} = \frac{2}{3} R_{nd}^{\max}. \quad (3.19)$$

Автори праці [10] зону максимальної пішохідної доступності приймають тотожною 30 хв. або 0,5 год. При цьому максимальний радіус пішохідної доступності становить $R_{nd}^{\max} = 2$ км. Практично аналогічні дані наведені у праці [11], у якій верхньою межею відстані, при перевищенні якої пересування здійснюються з використанням транспорту, є відстань 2100 м і час руху 30 хв.

Транспортні райони можуть набувати різної геометричної форми. Однією з основних вимог транспортного районування, однак, є розташування меж району рівновіддалено від його центру. За центр транспортного району приймається один із зупинних пунктів міського пасажирського транспорту, що входить до нього, здебільшого з найбільшим пасажирооборотом [21].

Із урахуванням зазначених особливостей для визначення радіуса пішохідної доступності зупинного пункту, прийнятого в якості центру транспортного району i , прирівняємо його площу до площі окружності з радіусом R_{ndi} :

$$S_i = \pi R_{ndi}^2, \quad (3.20)$$

де S_i – площа транспортного району i , км².

π – постійна величина ($\pi \approx 3,14$).

Із рівності (3.20) виражаємо R_{ndi} :

$$R_{ndi} = \sqrt{\frac{S_i}{\pi}}. \quad (3.21)$$

Зважаючи на залежність (3.21) і коефіцієнт непрямої лінійності підходу, середні відстань і час пішого внутрішньорайонного підходу до зупинного пункту можна визначити в такий спосіб:

$$l_{niu\ i} = \frac{2}{3} k_{nn} R_{ndi} = \frac{2}{3} k_{nn} \sqrt{\frac{S_i}{\pi}} \approx 0,45 \sqrt{S_i}, \quad t_{niu\ i} = \frac{0,45 \sqrt{S_i}}{V_{niu}}. \quad (3.22)$$

За високої щільності транспортної мережі та малої величини довжин перегонів зони пішохідної доступності сусідніх зупинок накладаються. Як наслідок пасажир має змогу здійснити поїздку не від найближчого зупинного пункту, а від більш віддаленого, скориставшись яким пасажир може одержати економію витрат часу на пересування, знизити кількість пересадок, а також здебільшого величину плати за проїзд. Найбільш характерна така ситуація за умови розташування пунктів призначення та відправлення в зоні пішохідної доступності до маршрутів швидкісних видів міського пасажирського транспорту (станцій метрополітену, зупинних пунктів швидкісного трамвая та інше) [10].

У контексті транспортного районування завдання вибору зупинного пункту може розглядатися як здійснення пасажиром міжрайонного пішохідного підходу. У цьому випадку відстань і час пішого руху становитимуть:

$$l_{niu\ ij} = l_{ij}^{nos} k_{nn}, \quad t_{niu\ ij} = \frac{l_{ij}^{nos} k_{nn}}{V_{niu}}, \quad (3.23)$$

де l_{ij}^{nos} – відстань між центрами транспортних районів i та j за повітряною прямою, км.

Доцільність розгляду можливості здійснення пасажиром міжрайонних піших підходів можна записати у вигляді такої умови:

$$l_{niu\ ij}^{max} < R_{nd}^{max}. \quad (3.24)$$

Зазначений підхід можна також використовувати для визначення витрат часу пасажирів на пішохідний підхід від зупинного пункту завершення поїздки до пункту призначення.

Середні витрати часу на пішохідний складник транспортного пересування пасажирів, які відправляються з транспортного району i , можна визначити як середньозважене значення за величиною кореспонденції:

$$t_{niuscpi} = \frac{l_{niuscpi}}{V_{niu}}; \quad l_{niuscpi} = \frac{l_{niu i} h_{niu i} + \sum_{j=1}^N l_{niu ij} h_{niu ij}}{H_i}; \quad (3.25)$$

$$H_i = h_{niu i} + \sum_{j=1}^N h_{niu ij}, \quad (3.26)$$

де H_i – величина кореспонденції, що утворюється у транспортному районі i ;

$l_{niu i}$ – середня відстань пішого підходу до зупинного пункту, розташованого в межах транспортного району i ;

$h_{niu i}$ – величина кореспонденції, що здійснює піший підхід до зупинного пункту, розташованого в межах транспортного району i ;

$l_{niu ij}$ – середня відстань пішого підходу до зупинного пункту, розташованого у транспортному районі j ($i \neq j$), від пункту відправлення, розташованого в межах транспортного району i ;

$h_{niu ij}$ – величина кореспонденції, що здійснює піший підхід до зупинного пункту, розташованого у транспортному районі j , від пункту відправлення, розташованого в межах транспортного району i ;

N – множина варіантів пішого підходу з транспортного району утворення кореспонденції i у транспортний район здійснення поїздки j , для яких виконується умова (3.24).

Проведення розрахунків за залежностями (3.25) вимагає визначення величини кореспонденції, що здійснює підхід до зупинного пункту (відхід від зупинного пункту), який розташовано у транспортному районі утворення кореспонденції, а також тих, що здійснюють міжрайонні пішохідні підходи до більш віддалених зупинних пунктів. Під час визначення величини кореспонденції, що буде здійснювати міжрайонний піший підхід, варто оцінити доцільність цього варіанта пересування з

погляду мінімізації середніх узагальнених витрат пасажирів при його реалізації.

Запропонований підхід дає змогу визначити середні витрати часу пасажирів на пішохідний складник транспортного пересування для окремо взятих транспортних районів. Крім того, ураховується можливість здійснення пасажирами міжрайонного пішохідного підходу до більш віддаленого зупинного пункту.

3.4 Зміна функціонального стану пасажира при здійсненні пішохідного складника транспортного пересування

Найбільш повну методику визначення впливу параметрів транспортного процесу на зниження продуктивності праці пасажирів на виробництві, вважаємо, запропонували В. К. Доля та Н. У. Гюлев. Ця методика заснована на статистичній обробці експериментальних даних і припускає послідовне моделювання зміни функціонального стану організму пасажира при здійсненні складників транспортного пересування. У якості факторів, що зумовлюють зміну функціонального стану, враховуються такі: показник функціонального стану перед початком виконання елемента, час очікування транспортного засобу, тривалість маршрутної поїздки, заповнення салону транспортного засобу при її здійсненні. У якості показника, що характеризує функціональний стан організму пасажира, використовується показник активності регуляторних систем. Зміна функціонального стану моделюється послідовно. При цьому показник функціонального стану наприкінці часу очікування є початковим значенням для оцінки його зміни при здійсненні маршрутної поїздки.

Відсоткове зниження виробітки пасажирів унаслідок здійснення пересування між транспортними районами i та j з використанням міського пасажирського транспорту визначається за залежністю (3.12), а зниження його доходу внаслідок впливу транспортної стомлюваності – за формулою (3.13). У той же час вплив пішохідного складника на зміну функціонального стану організму пасажира, враховано неповністю.

У праці [137] при визначенні середнього доходу пасажира на виробництві внаслідок пішого пересування використовувалася така залежність:

$$C_{niiij} = 0,009 \frac{D_m}{D_{pm}} t_{niiij}, \quad (3.27)$$

де D_m – дохід середньостатистичного пасажир за місяць, грн;

D_{pm} – середня кількість робочих днів у місяці, дн.;

t_{niiij} – час пішого пересування.

Прирівняємо залежності (3.27) та (3.13) із урахуванням (3.12) між собою. Як наслідок отримуємо:

$$0,009 \frac{D_m}{D_{pm}} t_{niiij} = \frac{D_m (-0,0709 + 0,545(P_k - 3)^2)}{D_{pm} 100}. \quad (3.28)$$

Виразивши з (3.28) P_k , отримуємо:

$$P_k = \sqrt{1,651 t_{ij niii} + 0,130} + 3. \quad (3.29)$$

Залежність (3.29) не враховує, однак, функціонального стану організму пасажир до здійснення пішохідного підходу (P_{do}), який може набувати різних значень.

Із залежності (3.29) видно, що при $t_{niiij} = 0$, $P_k = P_{do} = 3,36068$, відповідно, $W_{ij} = 0$.

P_k можна подати таким чином:

$$P_k = \Delta P_{відн} P_{do}, \quad (3.30)$$

де $\Delta P_{відн}$ – відносна зміна функціонального стану організму пасажир внаслідок пішохідного руху:

$$\Delta P_{відн} = \frac{P_k}{P_{do}}. \quad (3.31)$$

Надаючи залежності (3.29) вигляд (виносячи загальний множник за дужки):

$$P_k = 0,361(\sqrt{12,694 t_{niiij} + 1} + 8,318) \quad (3.32)$$

з урахуванням залежності (3.31), приймаючи $\Pi_{\partial o} = 3,36068$ отримуємо:

$$\Delta \Pi_{\text{відн}} = 0,107(\sqrt{12,694 t_{\text{підв}} + 1} + 8,318). \quad (3.33)$$

Виходячи із залежності (3.30), остаточно одержуємо:

$$\Pi_{\kappa} = 0,107 \Pi_{\partial o} (\sqrt{12,694 t_{\text{підв}} + 1} + 8,318). \quad (3.34)$$

Ця залежність дає змогу визначити зміну функціонального стану пасажирів при здійсненні пішохідного підходу до зупинного пункту на початку здійснення поїздки й відходу від зупинного пункту до місця призначення. Із урахуванням залежностей (3.25) і (3.34) можна моделювати зміну стану пасажирів внаслідок здійснення пішого руху.

РОЗДІЛ 4

МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ МІЖ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ВАРІАНТАМИ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ

Після проведення формалізації характеристик альтернативних шляхів пересування виникає необхідність у визначенні впливу різних факторів на змінні, що розглядаються.

4.1 Вплив параметрів пересування на транспортну стомлюваність пасажирів

Із метою дослідження впливу факторів на величину транспортної стомлюваності, а отже, і зниження доходу пасажирів на виробництві внаслідок пересування (C_{oij}), було відібрано чинники і встановлено діапазон їхнього варіювання (табл. 4.1). На підставі даних таблиці 4.1, за допомогою залежностей, наведених у розділі 3.2, було побудовано характеристичний графік (рис. 4.1).

Як видно з графіка, наведеного на рисунку 4.1, зі збільшенням усіх показників, крім швидкості сполучення, спостерігається зростання величини C_{oij} . Найбільший вплив на величину залежної змінної чинить коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу (із урахуванням коефіцієнта пропорційності) при здійсненні поїздки. При чому характер цієї залежності нелінійний. Здійснення поїздки за коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{mn}=0,7$ практично не позначається на величині зниження продуктивності праці пасажирів на виробництві. При збільшенні заповнення салону транспортного засобу величина показника C_{oij} значно зростає.

Ґрунтуючись на результатах проведеного дослідження, можемо дійти висновку про те, що найбільший вплив на величину транспортної стомлюваності пасажирів, а отже, і зниження доходу пасажирів внаслідок транспортного пересування чинить ступінь заповнення салону транспортного засобу при здійсненні поїздки. Ця характеристика залежить від величини пасажиропотоку на маршруті. Унаслідок цього він відбиває зростання дискомфорту при зростанні заповнення салону транспортного засобу. Зростання величини доходу позначається на збільшенні C_{oij} за

лінійною залежністю, що є цілком природнім. Далі розглянемо зміну величини узагальненої вартості пересування пасажирів в залежності від факторів, що її визначають.

Таблиця 4.1 – Діапазон варіювання факторів, що впливають на транспортну стомлюваність пасажирів при здійсненні пересування

Фактори	Позначення, одиниці вимірювання	Діапазон варіювання факторів				
		Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення	Кількість інтервалів	Крок варіювання
Відстань пішохідного підходу до зупинного пункту	$l_{ниш i}$, км	0,2	2	1,1	10	0,18
Відстань пішохідного відходу від зупинного пункту	$l_{ниш j}$, км	0,2	2	1,1	10	0,18
Відстань маршрутної поїздки	$l_{мп}$, км	2	18	10	10	1,6
Швидкість сполучення	V_c , км/ГОД	14	45	29,5	10	3,1
Інтервал руху	$I_{пл}$, хв	2	20	11	10	1,8
Імовірність відмови пасажиру в посадці	$P_{від}$	0	0,8	0,4	10	0,08
Коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу	$\gamma_{мп}$	0,7	1,6	1,15	10	0,09
Дохід середньостатистичного пасажира за місяць	D_m , грн	800	3600	2200	10	280

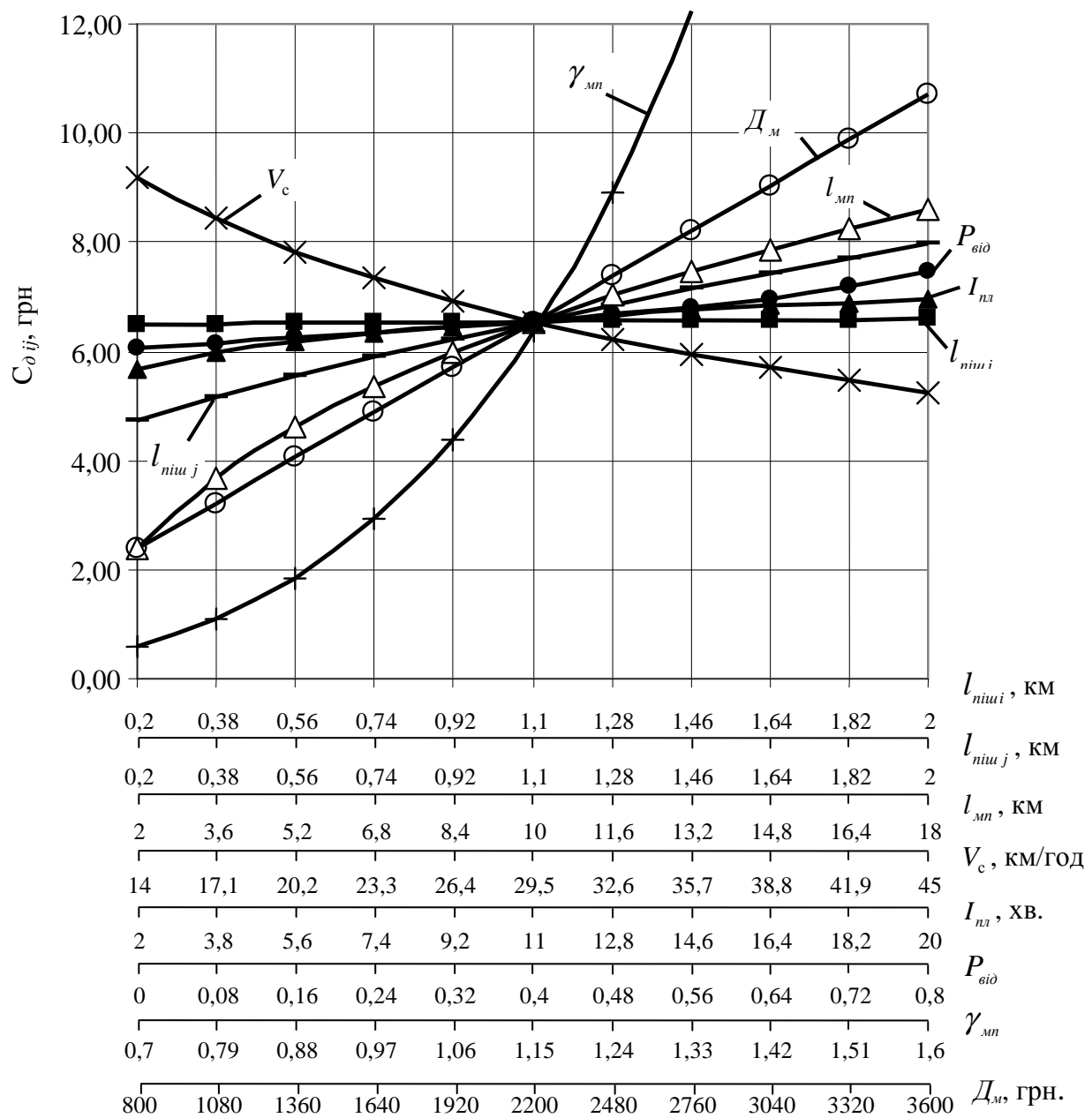


Рисунок 4.1 – Характеристичний графік зниження доходу
пасажирів внаслідок пересування

4.2 Аналіз впливу факторів на величину узагальненої вартості пересування

На наступному етапі дослідження постає необхідність в аналізі впливу факторів на величину узагальненої вартості пересування. Для цього визначено чинники, що підлягають зміні, і встановлено діапазон їхнього варіювання (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Діапазон варіювання факторів, що впливають на величину узагальненої вартості пересування

Фактори	Позначення, одиниці вимірювання	Діапазон зміни факторів				
		Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє значення	Кількість інтервалів	Крок варіювання
Відстань пішохідного підходу до зупинного пункту	$l_{ниш i}$, км	0,2	2	1,1	10	0,18
Відстань пішохідного відходу від зупинного пункту	$l_{ниш j}$, км	0,2	2	1,1	10	0,18
Відстань маршрутної поїздки	$l_{мп}$, км	2	18	10	10	1,6
Швидкість сполучення	V_c , км/год	14	45	29,5	10	3,1
Інтервал руху	$I_{пл}$, хв.	2	20	11	10	1,8
Імовірність відмови пасажиру в посадці	$P_{від}$	0	0,8	0,4	10	0,08
Коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу	$\gamma_{мп}$	0,7	1,6	1,15	10	0,09
Тариф	T , грн	0,75	3,75	2,25	10	0,3
Дохід середньостатистичного пасажир за місяць	D_m , грн	800	3600	2200	10	280

На підставі діапазону варіювання факторів було побудовано характеристичний графік узагальнених витрат пасажирів на пересування (рис. 4.2).

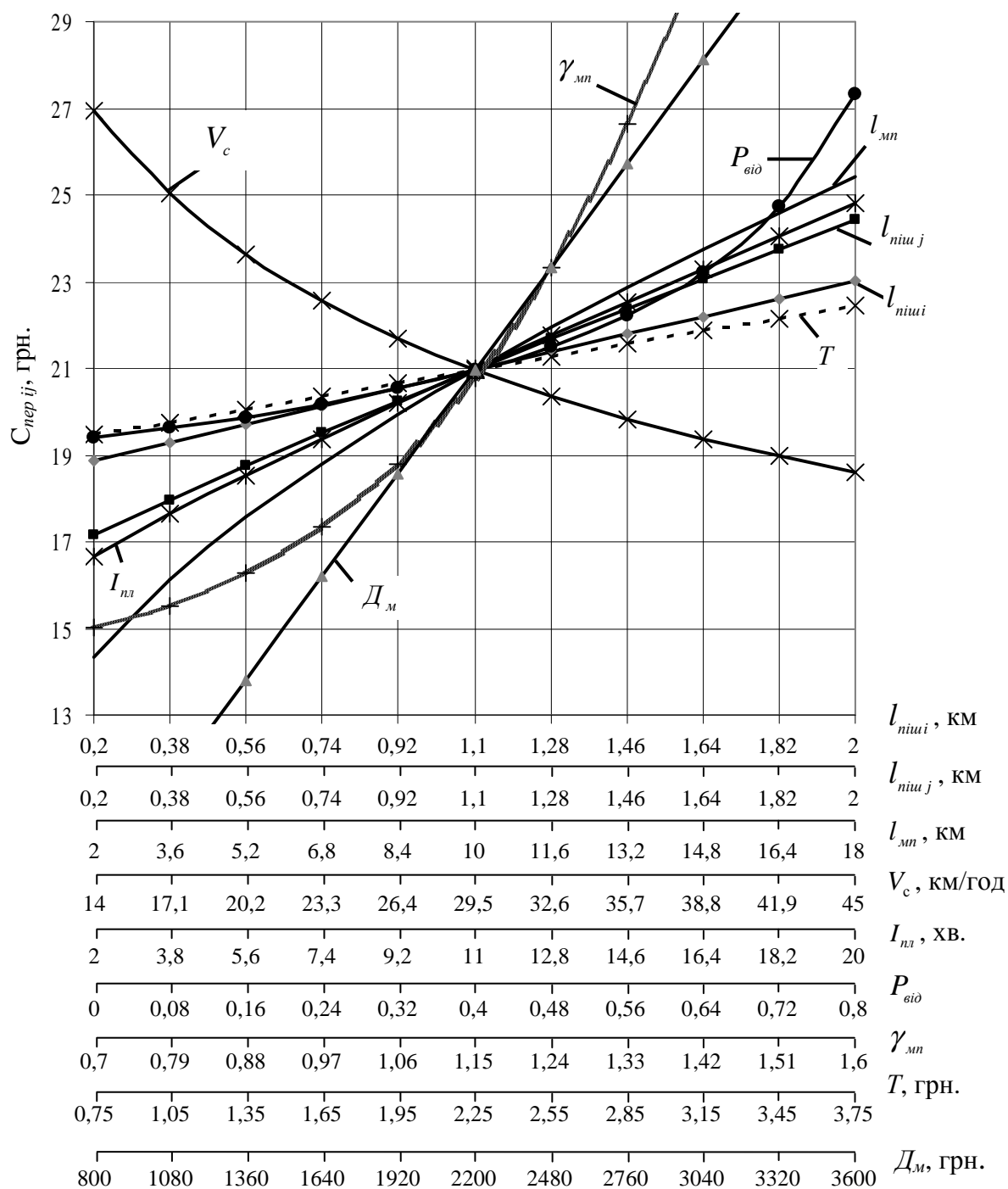


Рисунок 4.2 – Характеристичний графік узагальнених витрат пасажирів на пересування

Аналіз характеристичного графіка дає змогу оцінити вплив виділених факторів на залежну змінну, у якості якої виступають узагальнені витрати пасажирів на пересування.

Як показано на рисунку 4.2, різні чинники по-різному впливають на величину залежної змінної. Зі збільшенням відстані пішохідного підходу й відходу від зупинного пункту збільшується значення залежної змінної. Ця залежність пов'язана зі збільшенням витрат часу на здійснення пішохідного складника транспортного пересування. У той же час більший вплив на залежну змінну, за їхнього рівного значення, робить відстань пішохідного відходу від зупинного пункту до місця призначення пересування. Ця залежність обумовлена розходженням у динаміці функціонального стану. Тривалий пішохідний підхід від зупинки призводить до більшої транспортної стомлюваності, ніж тривалий пішохідний рух від місця відправлення до зупинного пункту початку поїздки.

Зі збільшенням відстані маршрутної поїздки зростає величина узагальнених витрат пасажирів на пересування. При постійній величині швидкості сполучення зростають витрати часу на поїздки у транспортному засобі, а отже, і їхня вартісна оцінка. Крім того, збільшення часу маршрутної поїздки позначається на збільшенні показника, що характеризує функціональний стан пасажирів.

Збільшення швидкості сполучення чинить зворотно пропорційний вплив на узагальнені витрати пасажирів на пересування. Як і відстань маршрутної поїздки, швидкість сполучення визначає витрати часу на поїздки у транспортному засобі. Нелінійність зв'язку між залежною та незалежною змінними зумовлена динамікою функціонального стану пасажирів при її здійсненні.

Інтервал руху визначає витрати часу пасажирів на очікування транспортного засобу на зупинному пункті та впливає як на витрати часу на пересування, так і на зміну стану пасажирів при його здійсненні.

Аналогічний за напрямом вплив на залежну змінну чинить імовірність відмови пасажирів у посадці. При чому в інтервалі зміни імовірності відмови від 0,4 до 0,8 сила впливу зростає.

Як показник, що характеризує заповнення салону транспортного засобу, використовується γ_{mn} . Як видно з рисунку 4.2, за незначного збільшення значення γ_{mn} (від 0,77 до 0,88) величина узагальнених витрат пасажирів зростає повільно. Подальше збільшення заповнення салону

транспортного засобу суттєво впливає на зміну функціонального стану пасажирів.

При зміні вартості поїздки та доходу пасажира спостерігається їхній лінійний прямо пропорційний вплив на результуючу величину. Найбільше зростання узагальнених витрат пасажирів, пов'язаних із пересуванням, спостерігається зі збільшенням величини доходу пасажирів.

4.3 Експериментальне дослідження розподілу кореспонденцій пасажирів за шляхами пересування

Величина узагальнених витрат на пересування може набувати широкого діапазону значень. Унаслідок цього при зіставленні різних варіантів шляху пересування постає необхідність у використанні відносного показника, у якості якого прийнято відхилення величини узагальнених витрат на пересування для k -го шляху від мінімального (критичного):

$$\Delta C_{nepij}^k = \frac{C_{nepij}^k - C_{nepij}^{\min}}{C_{nepij}^{\min}} 100\%, \quad (4.1)$$

де C_{nepij}^{\min} – мінімальне значення узагальнених витрат на пересування між транспортними районами i та j , грн.

Із метою обмеження кількості варіантів шляху пересування, зважаючи на умови доцільності їхнього використання пасажирами, розглядатися мають лише ті, що входять до області згладжування. Виходячи з цього, розглядаються всі варіанти шляху пересування, відхилення яких від критичного не перевищує заданої константи (Δ):

$$\Delta C_{nepij}^k \leq \Delta. \quad (4.2)$$

Шляхи пересування, для яких виконується умова (4.2) утворюють множину альтернативних, за якими розподіляються кореспонденції між кожною парою транспортних районів i та j .

Зміна показника ΔC_{nepij}^k викликає певні зміни частки кореспонденції, що буде реалізована за цим шляхом P_{ij}^k . При цьому виходитимемо з

припущення, що частка кореспонденції визначається певною функцією від ΔC_{nepij}^k і залежить від характеристик інших альтернативних шляхів пересування. У загальному вигляді цю залежність можна подати таким чином:

$$P_{ij}^k = \frac{f(\Delta C_{nepij}^k)}{\sum_{k=1}^m f(\Delta C_{nepij}^k)}. \quad (4.3)$$

Установлення безпосереднього вигляду функції $f(\Delta C_{nepij}^k)$ вимагає проведення експериментальних досліджень. Для цього було застосовано анкетний метод обстеження пересувань пасажирів. Вигляд анкети обстеження наведено на рисунку В.1.

Під час обстеження до анкети заносили індивідуальні дані пасажирів: П. І. Б, вік, професію, середньомісячний дохід, адреса місця мешкання та пункт призначення пересування. Далі встановлювали час початку пересування та шляхи які пасажир використовує при його здійсненні; зупинний пункт початку та закінчення пересування; номери маршрутів, що використовуються, та величину тарифу; пункти пересадок (у разі здійснення мережної поїздки); витрати часу на здійснення складників пересування (пішохідний рух, очікування, поїздки у транспортному засобі, пересадки); ступінь заповнення транспортного засобу; наявність відмов пасажирів в посадці.

При визначенні ступеня заповнення транспортного засобу використовували методику газомірного вимірювання [9, 10, 24]. У подальшому матеріали анкетного обстеження доповнювали даними натурних спостережень.

Унаслідок проведення анкетування було заповнено 7587 анкет, із яких придатними для подальшого використання виявилися 7422. Наступним етапом стало формування вибірки із отриманих матеріалів за ознакою відповідності місць відправлення та призначення кореспонденції. Обсяг вибірки приймали не менше ніж 20 анкет. Це дало змогу одержати похибку оцінки розподілу пасажирів за шляхами пересування не більше 5 % [66].

Згрупувавши таким чином анкетні дані, було визначено місця відправлення та призначення кореспонденцій, шляхи пересування та

частку кореспонденції, що реалізується за кожним шляхом. У наслідок цього було отримано 36 пар пунктів відправлення та призначення кореспонденцій і 135 альтернативних шляхів пересування (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Результати дослідних даних щодо вибору пасажирями шляху пересування

Номер вибірки	Обсяг вибірки, од.	Номер шляху пересування	Кількість кореспонденцій, що реалізується за шляхом, од.	Відхилення узагальненої вартості пересування від найкоротшого, %	Частка кореспонденцій, що реалізується за шляхом пересування
1	2	3	4	5	6
1	31	1	12	0,00	0,387
		2	11	7,30	0,355
		3	6	10,02	0,194
		4	2	23,02	0,065
2	27	1	12	0,00	0,444
		2	9	8,76	0,333
		3	5	18,60	0,185
		4	1	21,72	0,037
3	52	1	17	0,00	0,327
		2	16	3,74	0,308
		3	13	4,82	0,250
		4	5	21,90	0,096
		5	1	38,26	0,019
4	44	1	18	0,00	0,409
		2	16	7,46	0,364
		3	7	19,49	0,159
		4	2	30,90	0,045
		5	1	34,06	0,023
5	37	1	14	0,00	0,378
		2	13	8,44	0,351
		3	6	17,88	0,162
		4	4	22,48	0,108
6	24	1	10	0,00	0,417
		2	8	5,64	0,333
		3	6	27,98	0,250

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
7	35	1	13	0,00	0,371
		2	11	7,30	0,314
		3	9	10,15	0,257
		4	2	23,95	0,057
8	48	1	19	0,00	0,396
		2	16	5,39	0,333
		3	9	14,92	0,188
		4	3	36,45	0,063
		5	1	45,85	0,021
9	52	1	24	0,00	0,462
		2	17	12,38	0,327
		3	9	18,50	0,173
		4	2	29,70	0,038
10	24	1	12	0,00	0,500
		2	8	14,33	0,333
		3	4	21,86	0,167
11	47	1	20	0,00	0,426
		2	18	1,56	0,383
		3	7	21,24	0,149
		4	2	31,11	0,043
12	60	1	35	0,00	0,583
		2	16	17,64	0,267
		3	7	22,42	0,117
		4	2	28,74	0,033
13	56	1	25	0,00	0,446
		2	26	2,13	0,464
		3	5	17,40	0,089
14	34	1	27	0,00	0,794
		2	6	20,68	0,176
		3	1	35,83	0,029
15	38	1	16	0,00	0,421
		2	17	0,13	0,447
		3	4	10,45	0,105
		4	1	27,54	0,026
16	33	1	21	0,00	0,636
		2	9	17,19	0,273
		3	3	23,14	0,091
17	29	1	13	0,00	0,448
		2	11	3,65	0,379
		3	5	9,24	0,172

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
18	22	1	18	0,00	0,818
		2	4	16,14	0,182
19	68	1	30	0,00	0,441
		2	25	3,71	0,368
		3	8	15,38	0,118
		4	4	27,62	0,059
		5	1	39,30	0,015
20	45	1	31	0,00	0,689
		2	12	11,91	0,267
		3	2	32,17	0,044
21	39	1	27	0,00	0,692
		2	9	14,27	0,231
		3	2	28,21	0,051
		4	1	38,66	0,026
22	33	1	14	0,00	0,424
		2	13	3,35	0,394
		3	5	17,05	0,152
		4	1	30,60	0,030
23	49	1	33	0,00	0,673
		2	12	13,27	0,245
		3	3	21,59	0,061
		4	1	35,34	0,020
24	55	1	20	0,00	0,364
		2	17	1,41	0,309
		3	10	8,61	0,182
		4	4	15,03	0,073
		5	4	19,11	0,073
25	36	1	18	0,00	0,500
		2	15	18,05	0,417
		3	2	22,84	0,056
		4	1	29,11	0,028
26	44	1	20	0,00	0,455
		2	14	7,28	0,318
		3	10	9,79	0,227
27	21	1	11	0,00	0,524
		2	10	1,33	0,476
28	29	1	18	0,00	0,621
		2	7	17,07	0,241
		3	4	25,20	0,138

Закінчення таблиці 4.3

1	2	3	4	5	6
29	24	1	13	0,00	0,542
		2	8	8,22	0,333
		3	3	17,37	0,125
30	61	1	41	0,00	0,672
		2	10	18,26	0,164
		3	5	24,20	0,082
		4	3	27,80	0,049
		5	2	33,17	0,033
31	36	1	17	0,00	0,472
		2	13	5,33	0,361
		3	4	18,07	0,111
		4	2	21,74	0,056
32	41	1	26	0,00	0,634
		2	14	11,78	0,341
		3	1	27,59	0,024
33	45	1	19	0,00	0,422
		2	20	1,51	0,444
		3	4	18,46	0,089
		4	2	21,63	0,044
34	35	1	12	0,00	0,343
		2	10	4,92	0,286
		3	7	10,58	0,200
		4	4	13,71	0,114
		5	2	25,06	0,057
35	28	1	21	0,00	0,750
		2	5	18,45	0,179
		3	2	21,23	0,071
36	54	1	30	0,00	0,556
		2	14	13,25	0,259
		3	7	17,96	0,130
		4	3	24,74	0,056

Статистичну обробку дослідних даних використовували із застосуванням методу регресійного аналізу. У якості функцій, що мали розглядатися, використано експоненційну залежність:

$$f(\Delta C_{неpij}^k) = \exp(\beta \Delta C_{неpij}^k), \quad (4.4)$$

й оцінну функцію, запропоновану Д. Лозе [138]:

$$f(\Delta C_{nepij}^k) = \left[1 + \left(\frac{\Delta C_{nepij}^k}{F} \right)^G \right]^{-\frac{E}{G}}, \quad (4.5)$$

де β , F , G , E – параметри функцій, що визначаються за статистичними даними.

Як наслідок було визначено такі параметри експоненційної функції ($\beta=0,0683$) і функції (4.5): $F=33,956$; $G=1,599$; $E=6,320$.

Результати статистичної оцінки моделей засвідчили, що для обох функцій спостерігається висока тіснота зв'язку (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Статистична характеристика моделей

Вигляд моделі	Значення коефіцієнтів		Коефіцієнт детермінації	Коефіцієнт кореляції	Середньозважена похибка, %
$f(\Delta C_{nepij}^k) = \exp(\beta \Delta C_{nepij}^k)$	β	-0,0683	0,948	0,974	15,707
$f(\Delta C_{nepij}^k) = \left[1 + \left(\frac{\Delta C_{nepij}^k}{F} \right)^G \right]^{-\frac{E}{G}}$	F	33,956	0,955	0,977	13,829
	G	1,599			
	E	6,320			

Оцінку адекватності моделей проводили за середньозваженою похибкою. Для цього було визначено абсолютну похибку моделі за формулою:

$$\delta_{абс}^k = P_{ij\phi}^k - P_{ijp}^k, \quad (4.6)$$

де $P_{ij\phi}^k$, P_{ijp}^k – відповідно фактичне та розрахункове значення частки кореспонденцій, що реалізуються за шляхом пересування k між районами i та j .

Відносну похибку моделі визначено таким чином:

$$\delta_{відн}^k = \frac{|P_{ij\phi}^k - P_{ijp}^k|}{P_{ij\phi}^k} 100\% . \quad (4.7)$$

Величину середньозваженої похибки, розраховували за формулою:

$$\delta_{срзв} = \frac{\sum_{i,j} \sum_{k=1}^m \delta_{відн}^k P_{ij\phi}^k}{\sum_{i,j} \sum_{k=1}^m P_{ij\phi}^k} . \quad (4.8)$$

Результати розрахунку за формулами (4.6) та (4.7) зведено до таблиці 4.5.

Таким чином, за результатами статистичної оцінки моделей можемо дійти висновку, що функція вигляду $f(\Delta C_{перij}^k) = \left[1 + (\Delta C_{перij}^k / F)^G \right]^{-\frac{E}{G}}$ описує процес розподілу кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування з більшим ступенем адекватності, ніж експоненційна.

Із урахуванням формул (4.3) та (4.5) частку кореспонденцій, що реалізується за шляхом пересування, визначаємо за такою залежністю:

$$P_{ij}^k = \frac{\left[1 + \left(\frac{\Delta C_{перij}^k}{33,9559} \right)^{1,5988} \right]^{-\frac{6,31984}{1,5988}}}{\sum_{k=1}^m \left[1 + \left(\frac{\Delta C_{перij}^k}{33,9559} \right)^{1,5988} \right]^{-\frac{6,31984}{1,5988}}} , \quad (4.9)$$

де m – кількість шляхів пересування, що використовують пасажери при здійсненні пересування між районами i та j .

Еластичність функцій визначаємо за залежністю [138]:

$$\varepsilon(f(\Delta C_{перij}^k)) = -\beta \Delta C_{перij}^k , \quad (4.10)$$

$$\varepsilon(f(\Delta C_{перij}^k)) = -E \frac{\Delta C_{перij}^{kG}}{F^G + \Delta C_{перij}^{kG}} . \quad (4.11)$$

Таблиця 4.5 – Оцінка адекватності моделі

Номер досліджу	Фактична частка кореспонденції	Вид функції					
		$f(\Delta C_{nepij}^k) = \exp(\beta \Delta C_{nepij}^k)$			$f(\Delta C_{nepij}^k) = \left[1 + (\Delta C_{nepij}^k / F)^G\right]^{-\frac{E}{G}}$		
		Розрахункова частка кореспонденції	Абсолютна похибка	Відносна похибка	Розрахункова частка кореспонденції	Абсолютна похибка	Відносна похибка
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,387	0,4313	-0,044	0,114	0,400	-0,013	0,035
2	0,355	0,2618	0,093	0,262	0,289	0,065	0,184
3	0,194	0,2174	-0,024	0,123	0,237	-0,043	0,224
4	0,065	0,0894	-0,025	0,386	0,073	-0,009	0,135
5	0,444	0,4862	-0,042	0,094	0,468	-0,024	0,053
6	0,333	0,2672	0,066	0,198	0,305	0,029	0,086
7	0,185	0,1364	0,049	0,264	0,130	0,055	0,296
8	0,037	0,1102	-0,073	1,975	0,097	-0,060	1,616
9	0,327	0,3583	-0,031	0,096	0,335	-0,008	0,026
10	0,308	0,2775	0,030	0,098	0,299	0,009	0,028
11	0,250	0,2577	-0,008	0,031	0,283	-0,033	0,131
12	0,096	0,0802	0,016	0,166	0,068	0,028	0,290
13	0,019	0,0262	-0,007	0,364	0,015	0,005	0,241
14	0,409	0,4801	-0,071	0,174	0,472	-0,062	0,153
15	0,364	0,2883	0,075	0,207	0,337	0,027	0,073
16	0,159	0,1267	0,032	0,204	0,121	0,038	0,241
17	0,045	0,0581	-0,013	0,278	0,041	0,005	0,107
18	0,023	0,0468	-0,024	1,059	0,030	-0,007	0,327
19	0,378	0,4828	-0,104	0,276	0,464	-0,085	0,225
20	0,351	0,2711	0,080	0,228	0,309	0,042	0,120
21	0,162	0,1422	0,020	0,123	0,138	0,024	0,149
22	0,108	0,1038	0,004	0,039	0,089	0,019	0,175
23	0,417	0,5471	-0,130	0,313	0,521	-0,105	0,252
24	0,333	0,3721	-0,039	0,116	0,419	-0,086	0,258
25	0,250	0,0808	0,169	0,677	0,059	0,191	0,763
26	0,371	0,4345	-0,063	0,170	0,404	-0,033	0,088
27	0,314	0,2638	0,050	0,161	0,292	0,022	0,071
28	0,257	0,2171	0,040	0,156	0,237	0,021	0,080

Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
29	0,057	0,0845	-0,027	0,479	0,068	-0,010	0,182
30	0,396	0,4589	-0,063	0,159	0,438	-0,043	0,108
31	0,333	0,3176	0,016	0,047	0,358	-0,025	0,074
32	0,188	0,1655	0,022	0,117	0,171	0,016	0,087
33	0,063	0,0380	0,025	0,392	0,022	0,040	0,640
34	0,021	0,0200	0,001	0,040	0,010	0,011	0,530
35	0,462	0,5427	-0,081	0,176	0,536	-0,075	0,162
36	0,327	0,2328	0,094	0,288	0,261	0,066	0,200
37	0,173	0,1532	0,020	0,115	0,151	0,022	0,130
38	0,038	0,0713	-0,033	0,853	0,052	-0,013	0,344
39	0,500	0,6250	-0,125	0,250	0,619	-0,119	0,238
40	0,333	0,2347	0,099	0,296	0,255	0,079	0,236
41	0,167	0,1403	0,026	0,158	0,126	0,040	0,241
42	0,426	0,4440	-0,018	0,043	0,440	-0,014	0,034
43	0,383	0,3991	-0,016	0,042	0,428	-0,045	0,116
44	0,149	0,1039	0,045	0,302	0,095	0,054	0,360
45	0,043	0,0530	-0,010	0,245	0,037	0,005	0,128
46	0,583	0,6040	-0,021	0,035	0,624	-0,040	0,069
47	0,267	0,1808	0,086	0,322	0,190	0,077	0,288
48	0,117	0,1304	-0,014	0,118	0,121	-0,004	0,034
49	0,033	0,0847	-0,051	1,542	0,066	-0,033	0,976
50	0,446	0,4610	-0,015	0,033	0,441	0,005	0,011
51	0,464	0,3986	0,066	0,142	0,421	0,043	0,093
52	0,089	0,1404	-0,051	0,572	0,137	-0,048	0,539
53	0,794	0,7521	0,042	0,053	0,779	0,015	0,018
54	0,176	0,1830	-0,006	0,037	0,178	-0,002	0,010
55	0,029	0,0650	-0,036	1,209	0,042	-0,013	0,439
56	0,421	0,3798	0,041	0,098	0,372	0,049	0,117
57	0,447	0,3764	0,071	0,159	0,372	0,076	0,169
58	0,105	0,1860	-0,081	0,767	0,213	-0,107	1,020
59	0,026	0,0578	-0,032	1,197	0,044	-0,018	0,674
60	0,636	0,6603	-0,024	0,038	0,667	-0,031	0,049
61	0,273	0,2039	0,069	0,252	0,212	0,061	0,223
62	0,091	0,1358	-0,045	0,494	0,121	-0,030	0,327
63	0,448	0,4327	0,016	0,035	0,396	0,052	0,116
64	0,379	0,3372	0,042	0,111	0,355	0,024	0,064
65	0,172	0,2301	-0,058	0,335	0,249	-0,077	0,444
66	0,818	0,7508	0,067	0,082	0,741	0,077	0,095

Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
67	0,182	0,2492	-0,067	0,371	0,259	-0,077	0,425
68	0,441	0,4264	0,015	0,033	0,412	0,029	0,065
69	0,368	0,3310	0,037	0,100	0,368	-0,001	0,002
70	0,118	0,1490	-0,031	0,266	0,154	-0,037	0,313
71	0,059	0,0646	-0,006	0,098	0,048	0,010	0,176
72	0,015	0,0291	-0,014	0,977	0,016	-0,002	0,111
73	0,689	0,6435	0,045	0,066	0,632	0,057	0,083
74	0,267	0,2851	-0,018	0,069	0,320	-0,054	0,201
75	0,044	0,0714	-0,027	0,607	0,048	-0,004	0,085
76	0,692	0,6275	0,065	0,094	0,638	0,054	0,078
77	0,231	0,2366	-0,006	0,025	0,264	-0,033	0,144
78	0,051	0,0913	-0,040	0,780	0,071	-0,020	0,383
79	0,026	0,0447	-0,019	0,742	0,027	-0,001	0,045
80	0,424	0,4483	-0,024	0,057	0,431	-0,007	0,017
81	0,394	0,3565	0,037	0,095	0,392	0,002	0,006
82	0,152	0,1398	0,012	0,077	0,139	0,013	0,084
83	0,030	0,0554	-0,025	0,827	0,038	-0,008	0,260
84	0,673	0,5808	0,093	0,138	0,582	0,091	0,136
85	0,245	0,2346	0,010	0,042	0,263	-0,018	0,074
86	0,061	0,1327	-0,072	1,168	0,122	-0,061	0,992
87	0,020	0,0519	-0,031	1,542	0,033	-0,013	0,620
88	0,364	0,3234	0,040	0,111	0,304	0,059	0,163
89	0,309	0,2937	0,015	0,050	0,297	0,012	0,039
90	0,182	0,1796	0,002	0,012	0,200	-0,019	0,102
91	0,073	0,1158	-0,043	0,592	0,118	-0,045	0,618
92	0,073	0,0876	-0,015	0,205	0,081	-0,008	0,110
93	0,500	0,6106	-0,111	0,221	0,633	-0,133	0,265
94	0,417	0,1778	0,239	0,573	0,185	0,231	0,555
95	0,056	0,1282	-0,073	1,307	0,118	-0,062	1,118
96	0,028	0,0835	-0,056	2,006	0,064	-0,037	1,322
97	0,455	0,4716	-0,017	0,038	0,430	0,025	0,054
98	0,318	0,2868	0,031	0,099	0,311	0,007	0,022
99	0,227	0,2416	-0,014	0,063	0,259	-0,032	0,139
100	0,524	0,5227	0,001	0,002	0,506	0,018	0,035
101	0,476	0,4773	-0,001	0,002	0,494	-0,018	0,038
102	0,621	0,6712	-0,050	0,081	0,681	-0,060	0,097
103	0,241	0,2090	0,032	0,134	0,218	0,023	0,095
104	0,138	0,1199	0,018	0,131	0,101	0,037	0,269
105	0,542	0,5332	0,008	0,016	0,503	0,039	0,072

Закінчення таблиці 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
106	0,333	0,3041	0,029	0,088	0,341	-0,007	0,022
107	0,125	0,1627	-0,038	0,302	0,157	-0,032	0,256
108	0,672	0,5775	0,095	0,141	0,611	0,061	0,090
109	0,164	0,1658	-0,002	0,012	0,176	-0,012	0,072
110	0,082	0,1104	-0,028	0,347	0,100	-0,018	0,217
111	0,049	0,0864	-0,037	0,756	0,071	-0,021	0,436
112	0,033	0,0599	-0,027	0,825	0,042	-0,010	0,296
113	0,472	0,4521	0,020	0,043	0,431	0,041	0,087
114	0,361	0,3141	0,047	0,130	0,353	0,008	0,021
115	0,111	0,1314	-0,020	0,183	0,126	-0,015	0,135
116	0,056	0,1023	-0,047	0,842	0,089	-0,034	0,605
117	0,634	0,6255	0,009	0,014	0,613	0,021	0,033
118	0,341	0,2796	0,062	0,181	0,314	0,027	0,079
119	0,024	0,0949	-0,071	2,892	0,072	-0,048	1,965
120	0,422	0,4145	0,008	0,018	0,406	0,016	0,039
121	0,444	0,3737	0,071	0,159	0,395	0,049	0,111
122	0,089	0,1173	-0,028	0,320	0,114	-0,026	0,287
123	0,044	0,0945	-0,050	1,126	0,085	-0,040	0,907
124	0,343	0,3608	-0,018	0,052	0,335	0,008	0,024
125	0,286	0,2578	0,028	0,098	0,281	0,005	0,018
126	0,200	0,1751	0,025	0,125	0,189	0,011	0,054
127	0,114	0,1413	-0,027	0,237	0,145	-0,031	0,272
128	0,057	0,0650	-0,008	0,138	0,050	0,007	0,121
129	0,750	0,6588	0,091	0,122	0,667	0,083	0,111
130	0,179	0,1867	-0,008	0,046	0,188	-0,010	0,055
131	0,071	0,1544	-0,083	1,162	0,145	-0,073	1,026
132	0,556	0,5314	0,024	0,043	0,525	0,030	0,054
133	0,259	0,2149	0,044	0,171	0,238	0,021	0,083
134	0,130	0,1557	-0,026	0,201	0,155	-0,026	0,197
135	0,056	0,0980	-0,042	0,764	0,081	-0,026	0,466
Σ	36	36	-	45,338	36	-	33,565

Графік функцій і зміну їхньої еластичності наведено на рисунку 4.3. Як бачимо з графіка на відміну від експоненційної залежності функція (4.5) має нелінійну еластичність. Тобто зміна величини узагальненої вартості пересування нелінійно позначається на зміні оцінної характеристики шляху пересування. Особливо це помітно при значному відхиленні узагальненої вартості пересування від мінімальної.

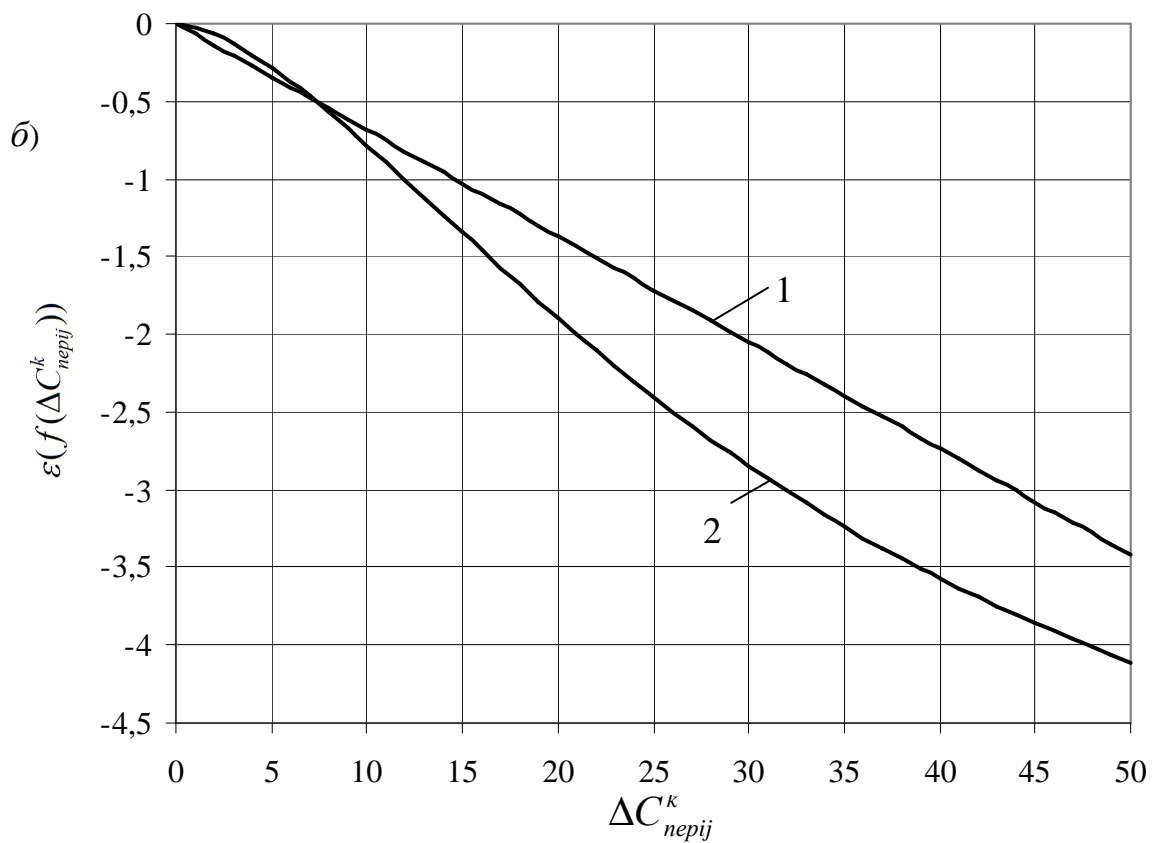
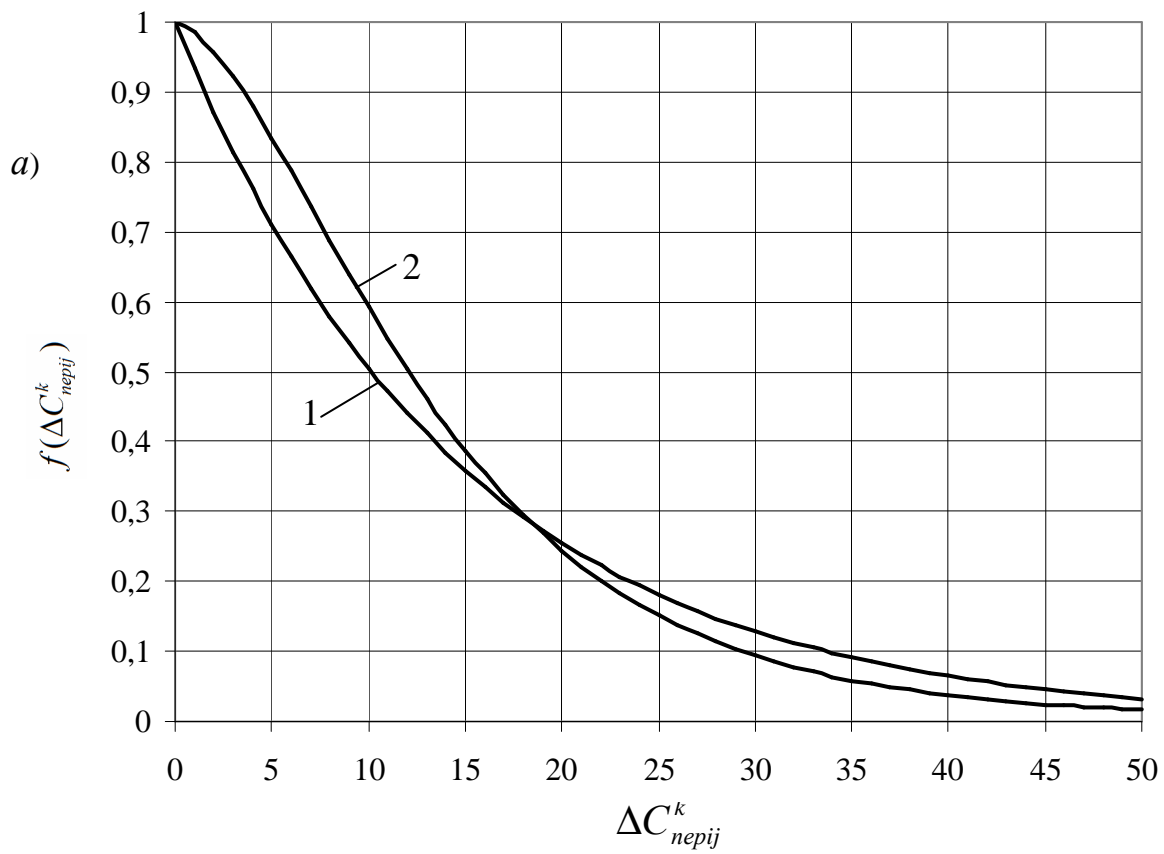


Рисунок 4.3 – Графіки функцій вибору пасажирями шляху пересування (а) та їхня еластичність (б):

$$1 - f(\Delta C^k_{nepij}) = \exp(\beta \Delta C^k_{nepij}); \quad 2 - f(\Delta C^k_{nepij}) = \left[1 + (\Delta C^k_{nepij} / F)^G \right]^{-\frac{E}{G}}.$$

Визначивши вид оцінної функції переходимо до побудови алгоритму моделі розподілу кореспонденцій за альтернативними шляхами пересування.

4.4 Алгоритм моделі розподілу кореспонденцій

Схема алгоритму моделі розподілу кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування наведена на рисунку 4.4.

На першому етапі моделювання виконується введення вихідних даних для альтернативних варіантів шляху пересування (рис. 4.4, блок 2).

У якості вхідних даних для моделювання пасажиропотоків використовуються параметри, що характеризують соціально-економічні умови життя населення, параметри перевізного процесу на маршрутах, що входять до шляху пересування, і величина встановленого тарифу для цих маршрутів.

До параметрів маршрутів міського пасажирського транспорту належать такі показники:

- 1) траса маршруту;
- 2) час обороту транспортних засобів на маршруті, хв.;
- 3) кількість транспортних засобів, що працюють на маршруті в годину «пік», од.;
- 4) пасажиромісткість транспортних засобів, пас.;
- 5) швидкість сполучення, км/год;
- 6) середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу, хв.;
- 7) тариф на перевезення, грн.

В якості показників, що характеризують пасажирів виділено наступні:

- 1) дохід середньостатистичного пасажирів за місяць, грн;
- 2) функціональний стан пасажирів перед початком пересування, балів;
- 3) вартість вільного часу пасажирів, грн/год.

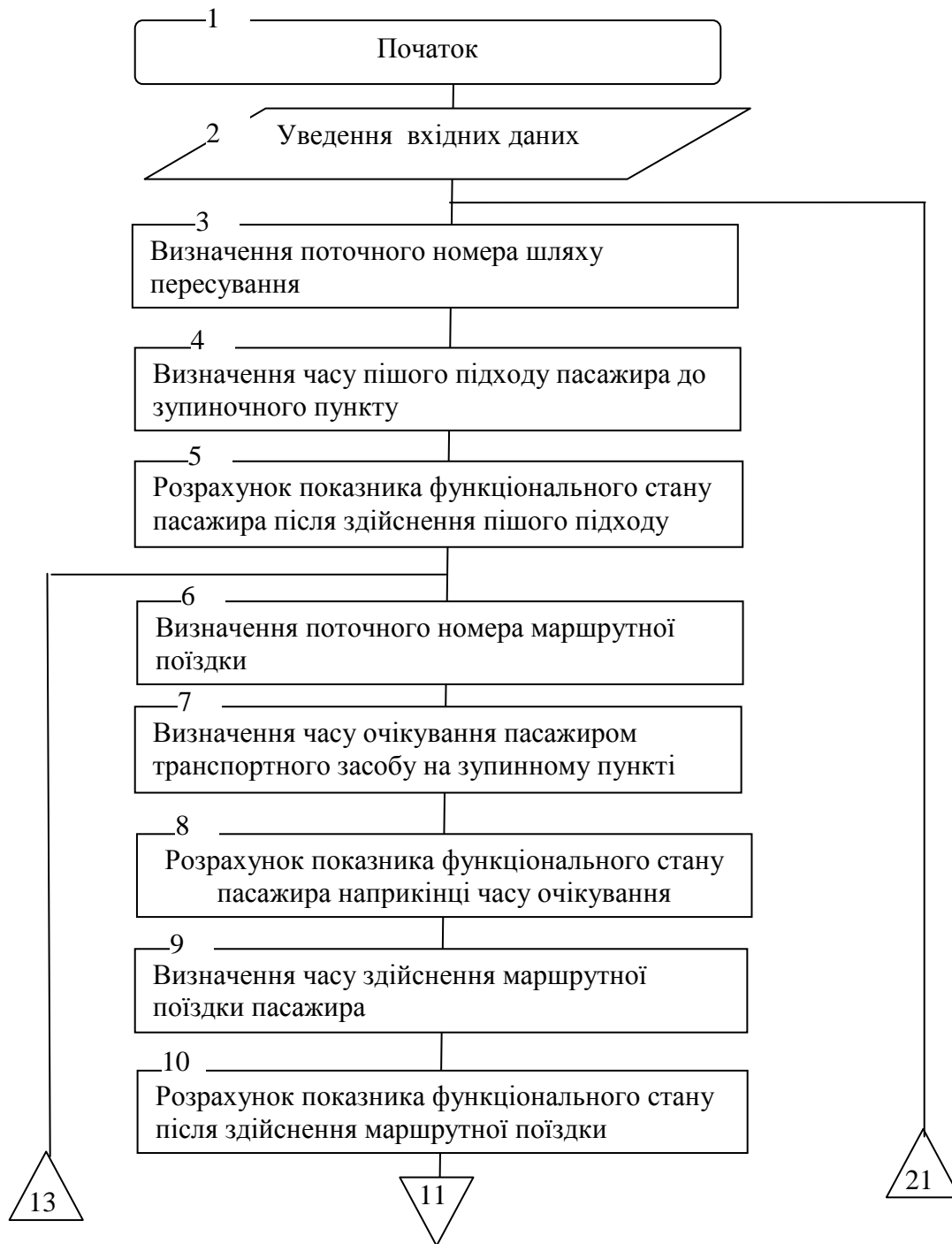
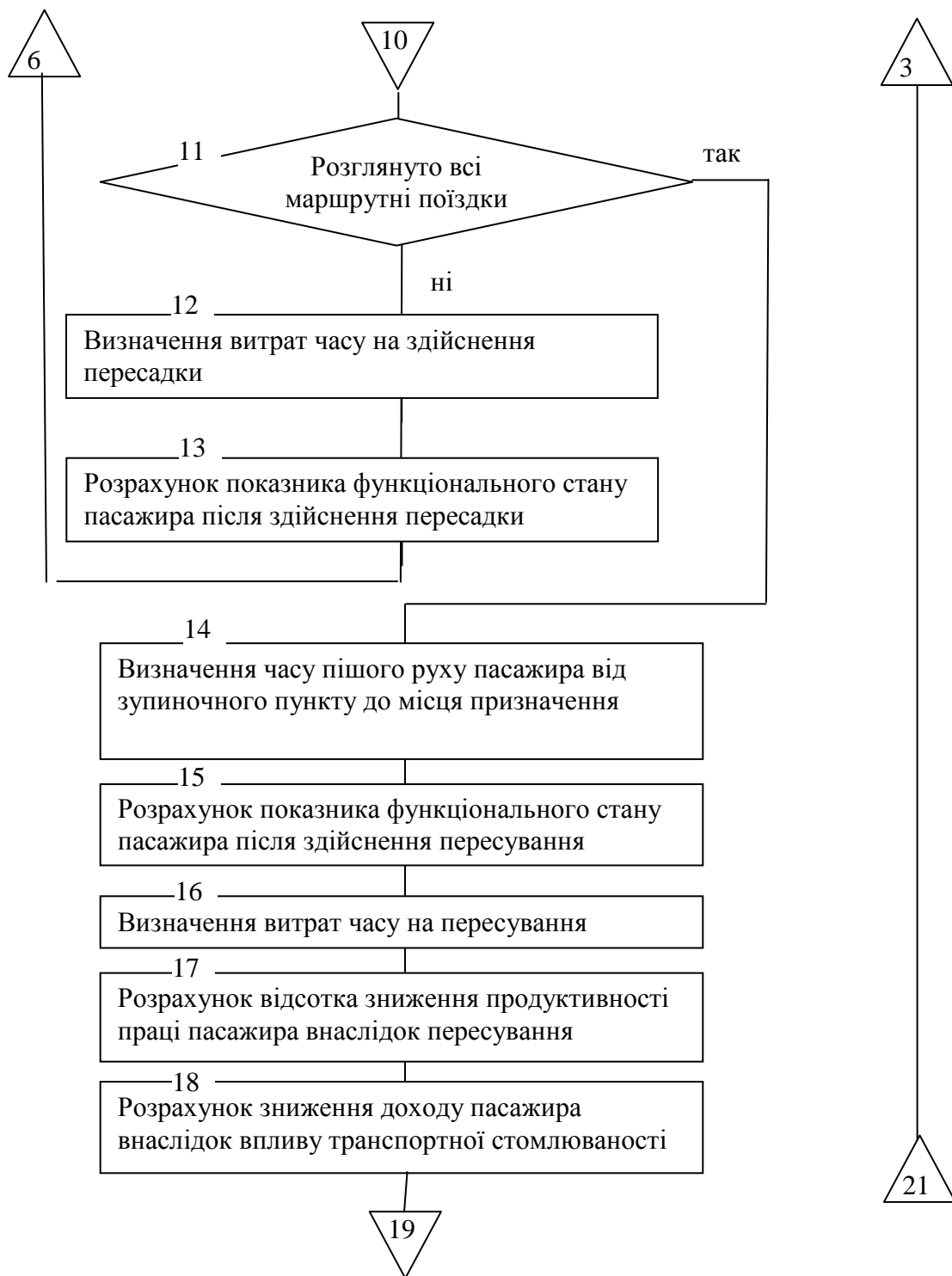


Рисунок 4.4 – Алгоритм моделі розподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування



Продовження рисунку 4.4



Закінчення рисунку 4.4

Наступним етапом є визначення поточного номера шляху пересування (n_m^k), для якого проводяться обчислення (рис. 4.4, блок 3). Після цього розраховують показники, що характеризують піший підхід пасажирів до зупинного пункту, – час підходу та зміну функціонального стану пасажирів внаслідок його здійснення (рис. 4.4, блоки 4, 5).

Після розрахунку показників підходу пасажирів до зупинного пункту визначається поточний номер (n_m) маршрутної поїздки (рис. 4.4, блоки 6), а також характеристики її здійснення: час очікування пасажиром транспортного засобу на зупинному пункті, час здійснення маршрутної поїздки пасажирів та функціональний стан пасажирів після здійснення цих складників пересування (рис. 4.4, блоки 7-10). Після цього перевіряється умова:

$$n_m^k \geq N^k, \quad (4.12)$$

де n_m^k – поточний номер маршрутної поїздки;

N^k – кількість маршрутних поїздок при здійсненні пересування по шляху k .

Якщо умова (4.4) не виконується, визначаються витрати часу на здійснення пересадки та зміни показника функціонального стану пасажирів внаслідок її здійснення (рис. 4.4, блоки 12, 13). Після цього визначається новий поточний номер маршрутної поїздки $n_m^k + 1$, і послідовність розрахунку показників здійснення наступної маршрутної поїздки повторюється.

У випадку якщо умова (4.12) виконується, тобто розглянуто всі маршрутні поїздки, визначається час пішого руху пасажирів від зупинного пункту до місця призначення та показник функціонального стану пасажирів внаслідок здійснення пересування (рис. 4.4, блоки 14, 15). У блоці 16 обчислюється час пересування шляхом складання витрат часу на здійснення складників пересування.

Використовуючи дані про функціональний стан пасажирів внаслідок здійснення пересування, розраховується відсоткове зниження продуктивності праці пасажирів (рис. 4.4, блок 17). На підставі цього визначається зниження доходу пасажирів внаслідок впливу транспортної стомлюваності (рис. 4.4, блок 18).

Сумарну плату за проїзд внаслідок здійснення пересування визначають як суму тарифів за маршрутними поїздками (рис. 4.4, блок 19). Узагальнена вартість пересування визначається за формулою (3.17) в разі здійснення маршрутної поїздки та формулою (3.18) при мережній поїздки (рис. 4.4, блок 20).

Наступний етап – перевірка умови (рис. 4.4, блок 20):

$$k_m \geq K, \quad (4.13)$$

де k_m – поточний номер шляху пересування;

K – кількість шляхів пересування, що мають розглядатися.

У разі невиконання умови (4.13) починається розгляд наступного шляху пересування, в іншому випадку – переходимо до розрахунку розподілу пасажирських кореспонденцій за альтернативними варіантами шляху пересування (рис. 4.4, блоки 22-24).

Спочатку визначають шлях пересування, що є мінімальним за узагальненою вартістю пересування (рис. 4.4, блоки 22):

$$C_{періj}^{min} = \min\{C_{періj}^1, C_{періj}^2, \dots, C_{періj}^k\}. \quad (4.14)$$

Після цього для кожного з альтернативних шляхів за формулою (4.1) розраховується відхилення узагальненої вартості пересування від найкоротшого шляху (рис. 4.4, блоки 23). Обчислення частки кореспонденції, що буде реалізована за альтернативними варіантами шляху пересування, виконують за залежністю (4.9) у 24 блоці алгоритму. Кінцевим етапом алгоритму є виведення результатів розрахунку, що являють собою частку розподілу кореспонденцій за альтернативними варіантами шляху пересування (рис. 4.4, блоки 25).

Таким чином розроблена модель дає змогу проводити розподіл кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування. При цьому в якості характеристик альтернатив враховано витрати часу на здійснення пересування, вплив транспортної стомлюваності та рівень тарифів на послуги маршрутного пасажирського транспорту. Оцінка адекватності моделі вказує, що проводилась за середньозваженою похибкою апроксимації вказує на можливість її застосування для вирішення прикладних завдань.

РОЗДІЛ 5

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ КОРЕСПОНДЕНЦІЙ ПАСАЖИРІВ МІЖ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ВАРІАНТАМИ ШЛЯХУ ПЕРЕСУВАННЯ

5.1 Взаємозв'язок між характеристиками альтернативних варіантів та величиною попиту на їхнє використання

Загалом моделювання пасажиропотоків на мережі міського пасажирського транспорту включає два етапи. На першому проводиться розрахунок матриці міжрайонних кореспонденцій. На другому етапі моделюється розподіл кореспонденцій пасажирів на транспортній мережі. Для одержання адекватних результатів варто враховувати особливості поведінки користувачів системи, тобто пасажирів. Важливою умовою, яка має враховуватися в моделі, є урахування взаємозв'язку між характеристиками альтернативних варіантів та величиною попиту на їхнє використання.

У якості показників попиту можна виділити такі: інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту й величина пасажиропотоку на перегонах маршрутів. Зміна зазначених показників впливає на такі параметри пересування, як імовірність відмови в посадці та ступінь заповнення салону транспортного засобу. У наслідок цього змінюються час очікування пасажирами транспортного засобу і стан організму пасажира при здійсненні пересування [32, 133, 135].

Інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту p маршруту m можна визначити за формулою:

$$\lambda_{zm\ p}^z = \frac{\sum_{q=p+1}^{n_{zm}^z} h_{pq}^z}{\tau}, \quad p = \overline{1, n_{zm}^z}, \quad (5.1)$$

де h_{pq}^z – величина кореспонденції між зупинними пунктами p та q маршруту z , пас.;

n_{zm}^m – кількість зупинних пунктів на маршруті z , од.;

τ – розрахунковий період, хв.

Величину маршрутної кореспонденції визначаємо за таким виразом:

$$h_{pq}^z = \sum_{i=1}^{n_m} \sum_{j=1}^{n_u} \sum_{k=1}^{n_n} h_{ij}^k, \quad z \in k, \quad p, q \in z, \quad (5.2)$$

де h_{ij}^k – величина кореспонденції, що реалізується за шляхом пересування k між транспортними районами i відправлення та j призначення, пас.;

n_n – кількість варіантів шляху пересування між транспортними районами i відправлення та j призначення, для яких виконується умова $\Delta C_{nepij}^k \leq \Delta$, од.;

Δ – константа, що визначає область згладжування, %;

n_m – кількість транспортних районів у мережі, од.;

Величина кореспонденції, реалізована по шляху пересування k між транспортними районами i відправлення та j призначення, визначається таким чином:

$$h_{ij}^k = H_{ij} P_{ij}^k, \quad (5.3)$$

де H_{ij} – величина кореспонденції між транспортними районами відправлення i та призначення j , пас.

Із урахуванням формул (5.1) – (5.3) інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту може визначатися залежністю:

$$\lambda_{zp}^z = \frac{\sum_{q=p+1}^{n_z} \sum_{i=1}^{n_u} \sum_{j=1}^{n_u} \sum_{k=1}^{n_n} H_{ij} \left(1 + \left(\frac{\Delta C_{nepij}^k}{F} \right)^G \right)^{\frac{E}{G}} / \sum_{k=1}^{n_n} \left(1 + \left(\frac{\Delta C_{nepij}^k}{F} \right)^G \right)^{\frac{E}{G}}}{\tau}, \quad z \in k, \quad p, q \in z, \quad p = \overline{1, n_z^z}. \quad (5.4)$$

Формула для визначення імовірності відмови пасажиру в посадці (3.6), набуває такого вигляду:

$$P_{oid_p}^m = \sum_{\Delta I_Z = -I_{cp}^m}^{I_{cp}^m} \left[\left(\sum_{K=\omega_p^m+1}^M \frac{\left(\frac{1}{\tau} \sum_{q=p+1}^{n_{on}^m} h_{pq}^m (I_{cp}^m + \Delta I_Z) \right)^K}{K!} e^{-\left(\frac{1}{\tau} \sum_{q=p+1}^{n_{on}^m} h_{pq}^m (I_{cp}^m + \Delta I_Z) \right)} \frac{K - \omega_p^m}{K} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_m}} e^{-\frac{\Delta I_Z^2}{2\sigma_m^2}} T \right]. \quad (5.5)$$

Формула для визначення середнього часу очікування пасажиром транспортного засобу (3.5) із урахуванням проведених перетворень набуває такого вигляду:

$$t_{оч\ p} = \frac{I_{cp}^m}{2} + \frac{\sigma_m^2}{2I_{cp}^m} + \frac{\sum_{\Delta_Z = -I_{cp}^m}^{I_{cp}^m} \left[\sum_{K=\omega_p^m+1}^M \frac{\left(\frac{1}{\tau} \sum_{q=p+1}^m h_{pq}^m (I_{cp}^m + \Delta_Z) \right)^K}{K!} e^{-\left(\frac{1}{\tau} \sum_{q=p+1}^m h_{pq}^m (I_{cp}^m + \Delta_Z) \right)} \frac{K - \omega_p^m}{K} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_m}} e^{-\frac{\Delta_Z^2}{2\sigma_m^2}} T \right]}{1 - \sum_{\Delta_Z = -I_{cp}^m}^{I_{cp}^m} \left[\sum_{K=\omega_p^m+1}^M \frac{\left(\frac{1}{\tau} \sum_{q=p+1}^m h_{pq}^m (I_{cp}^m + \Delta_Z) \right)^K}{K!} e^{-\left(\frac{1}{\tau} \sum_{q=p+1}^m h_{pq}^m (I_{cp}^m + \Delta_Z) \right)} \frac{K - \omega_p^m}{K} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_m}} e^{-\frac{\Delta_Z^2}{2\sigma_m^2}} T \right]} I_{cp}^m. \quad (5.6)$$

Аналіз впливу інтенсивності підходу пасажирів до зупинного пункту на час очікування транспортного засобу проведемо на прикладі одного зупинного пункту, ґрунтуючись на наведених нижче даних. Посадка пасажирів здійснюється на кінцевому зупинному пункті. При цьому кількість вільних місць визначається пасажиромісткістю транспортних засобів. У якості постійних величин були прийняті такі: пасажиромісткість транспортного засобу ($q_n=70$ пас.) та час оберту ($t_{об}=1$ год). Інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту змінюємо в діапазоні від 0 до 50 пас./хв. Розрахунки проводилися за різної кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті (табл. 5.1). Із метою графічної інтерпретації результатів розрахунку (табл. 5.1) будемо графіки зміни імовірності відмови пасажирів в посадці та часу очікування транспортного засобу залежно від інтенсивності підходу пасажирів до зупинного пункту й кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті (рис. 5.1).

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку імовірності відмови пасажиру в посадці та часу очікування на зупинному пункті

Інтенсивність підходу пасажирів, пас./хв.	Кількість транспортних засобів					
	A=5		A=10		A=15	
	Імовірність відмови пасажиру в посадці, $P_{від}$	Середній час очікування пасажирів на зупиночному пункті, $t_{оч}$, хв.	Імовірність відмови пасажиру в посадці, $P_{від}$	Середній час очікування пасажирів на зупиночному пункті, $t_{оч}$, хв.	Імовірність відмови пасажиру в посадці, $P_{від}$	Середній час очікування пасажирів на зупиночному пункті, $t_{оч}$, хв.
0	0,000	6,7	0,000	3,3	0,000	2,2
5	0,049	7,3	0,000	3,3	0,000	2,2
10	0,368	13,7	0,049	3,6	0,002	2,2
15	0,558	21,8	0,216	5,0	0,049	2,4
20	0,664	30,4	0,368	6,8	0,157	3,0
25	0,728	38,8	0,479	8,8	0,272	3,7
30	0,771	47,1	0,558	10,9	0,368	4,6
35	0,803	55,6	0,618	13,0	0,447	5,5
40	0,827	64,0	0,664	15,2	0,508	6,4
45	0,846	72,6	0,699	17,3	0,558	7,3
50	0,861	81,0	0,728	19,4	0,6	8,2

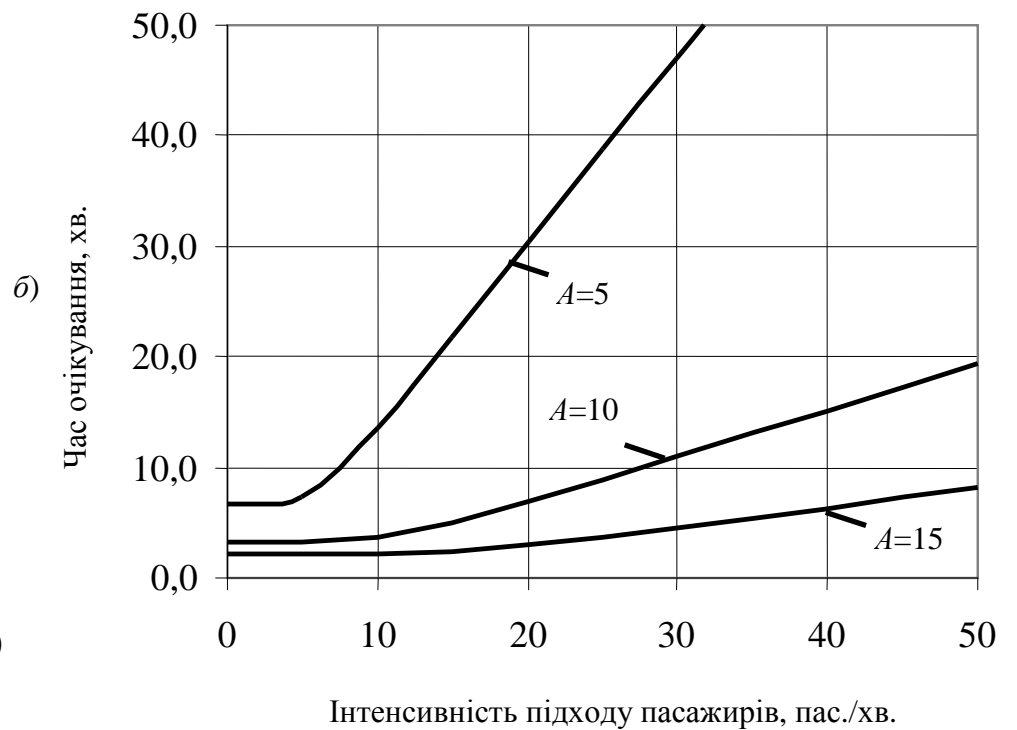
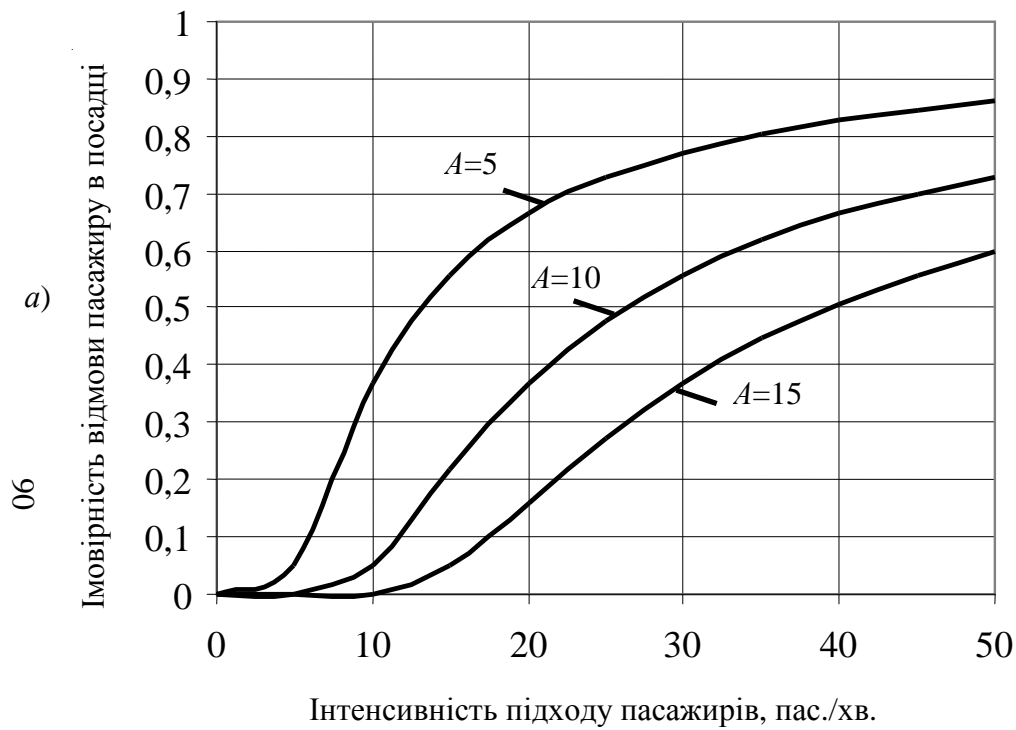


Рисунок 5.1 – Зміна імовірності відмови пасажирів в посадці (а) та часу очікування транспортного засобу (б) залежно від інтенсивності підходу пасажирів до зупинного пункту й кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті

Як видно з графіка (рис. 5.1, а), взаємозв'язок між інтенсивністю підходу пасажирів до зупинного пункту й імовірністю відмови в посадці має нелінійний характер. Крім того, характер кривої змінюється залежно від кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті (А). Це обумовлено тим, що кількість транспортних засобів (при $t_{об} = const$) визначає інтервал руху та кількість наданих пасажиромісць в одиницю часу.

За малих значень інтенсивності підходу не чинить впливу на час очікування пасажирами транспортного засобу (рис. 5.1, б). Це зумовлено тим, що відмови в посадці не виникає і пасажир має можливість зробити поїздку в першому транспортному засобі, який надійде до зупинного пункту. Надалі зі збільшенням інтенсивності підходу імовірність відмови пасажиру в посадці зростає, і час очікування збільшується практично за лінійною залежністю. Вплив імовірності відмови на час очікування тим значніший, чим більша величина інтервалу руху, тобто менша кількість транспортних засобів працює на маршруті.

Проведені дослідження дали змогу виявити характер впливу інтенсивності підходу пасажирів до зупинного пункту на імовірність виникнення відмови в посадці та час очікування транспортного засобу. Одним із основних факторів, що визначає імовірність відмови пасажиру в посадці, а отже, і час очікування на зупинному пункті, є кількість транспортних засобів на маршруті. Вплив інтенсивності підходу пасажирів тим більше позначається на часі очікування, чим більший інтервал руху транспортних засобів на маршруті.

5.2 Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирами шляху пересування

Важливим аспектом вибору пасажирами шляху пересування є оцінка значущості критеріїв, які вони використовують при ухваленні рішення. У якості показника, який характеризує значущість критерію, використовуватимемо його питому вагу в загальній вартості пересування.

Умовно було виділено такі критерії: час пересування, тариф та транспортна стомлюваність. Питому вагу для цих критеріїв (частку їхнього внеску в узагальнену вартість пересування) визначаємо за наступними залежностями:

$$\Delta t_{\text{період}}^k C_{\text{зод}} = \frac{t_{\text{період}}^k C_{\text{зод}}}{C_{\text{період}}^k}; \quad \Delta T_{ij}^k = \frac{T_{ij}^k}{C_{\text{період}}^k}; \quad \Delta C_{\text{діл}}^k = \frac{C_{\text{діл}}^k}{C_{\text{період}}^k}, \quad (5.7)$$

де $\Delta t_{\text{період}}^k C_{\text{зод}}$, ΔT_{ij}^k , $\Delta C_{\text{діл}}^k$ – відповідно питома вага критеріїв «час пересування», «тариф» і «транспортна стомлюваність» в узагальненій вартості пересування.

Для залежностей (5.7) виконується наступна рівність:

$$\Delta t_{\text{період}}^k C_{\text{зод}} + \Delta T_{ij}^k + \Delta C_{\text{діл}}^k = 1. \quad (5.8)$$

Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування залежить від соціально-економічних умов життя населення, параметрів транспортного обслуговування та величини плати за проїзд (рівня тарифів).

Вихідні дані до розрахунку наведені в таблиці 5.2.

Для визначення впливу доходу пасажирів на значущість критерію було розглянуто зміну питомої ваги критеріїв вибору пасажирами шляху пересування залежно від величини доходу пасажирів за місяць.

Величина доходу змінювалася в діапазоні від 800 до 3600 грн/міс. за сталих значень інших параметрів пересування. Результати розрахунків наведені в таблиці 5.3. Графічну інтерпретацію розрахунків наведено на рисунку 5.2.

Із даних таблиці 5.3 можна зрозуміти, що зі зростанням величини доходу пасажирів збільшується вартісна оцінка вільного часу, а зменшення доходу пасажирів відбувається внаслідок впливу транспортної стомлюваності. Інші показники залишаються незмінними. Зміна зазначених показників викликає відповідну зміну питомої ваги критеріїв вибору в узагальненій вартості пересування.

Як стає зрозуміло з рисунку 5.2, при низьких значеннях доходу пасажирів найбільшу частку в узагальненій вартості пересування складає величина тарифу. Це пов'язано з тим, що дохід пасажирів визначає вартісну оцінку вільного часу. Унаслідок цього при здійсненні пересування пасажири з низьким значенням доходу обиратимуть такий шлях, що забезпечить економію грошових витрат. Час пересування та транспортна стомлюваність для таких пасажирів є менш значущими.

Таблиця 5.2 – Вхідні дані до розрахунку значущості критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від величини їхнього доходу

№	Показник	Значення
1.	Відстань пішого підходу до зупинного пункту, км	0,5
2.	Плановий інтервал руху транспортних засобів на маршруті, хв.	5
3.	Середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу, хв.	1,7
4.	Імовірність відмови пасажирів в посадці	0
5.	Відстань маршрутної поїздки пасажирів, км	5
6.	Швидкість сполучення, км/год	20
7.	Коефіцієнт використання пасажиромісткості при здійсненні маршрутної поїздки	1
8.	Величина тарифу, грн	2
9.	Відстань пішого руху від зупинного пункту до місця призначення, км	0,3

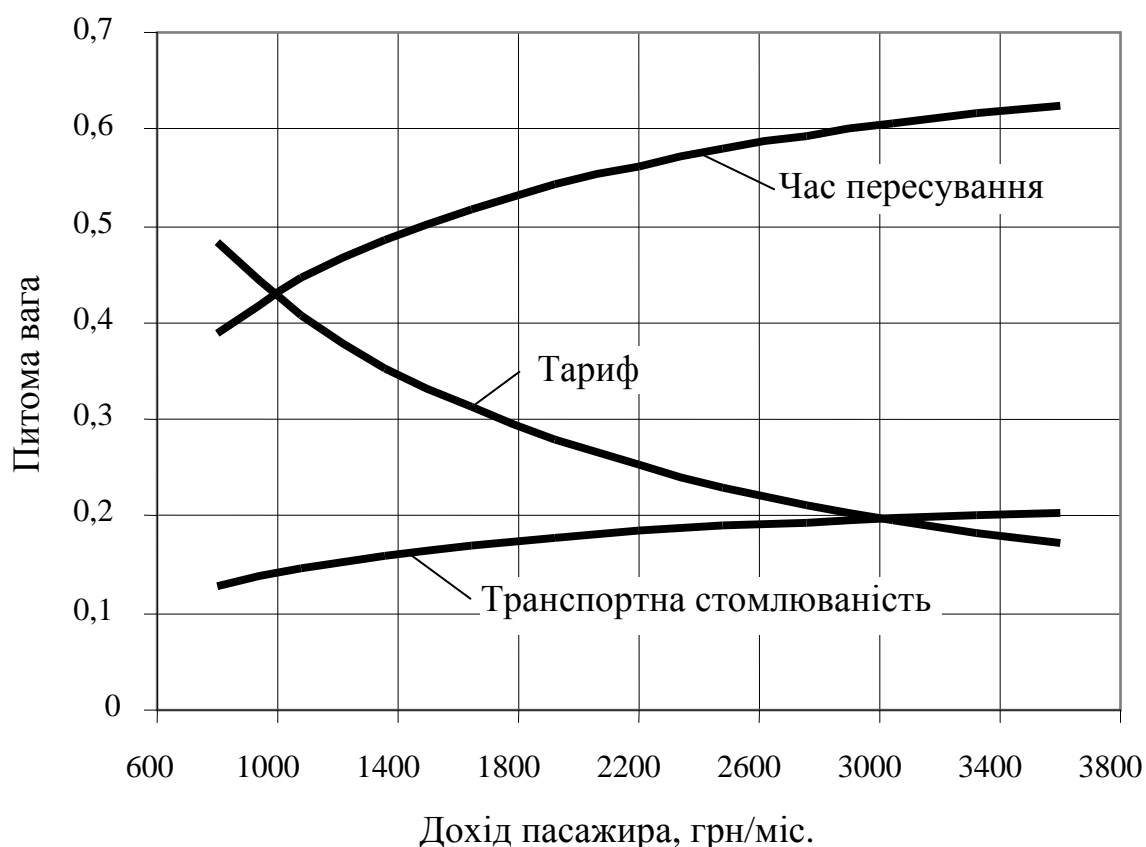


Рисунок 5.2 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від величини доходу пасажирів

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від величини доходу середньостатистичного пасажиром за місяць

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиром за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиром після пересування, бали	Зниження доходу пасажиром внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стоїмкість"
1	800	3,26	29,78	1,62	4,75	0,53	4,15	0,482	0,390	0,128
2	1080	4,40	29,78	2,18	4,75	0,72	4,90	0,408	0,446	0,146
3	1360	5,54	29,78	2,75	4,75	0,90	5,65	0,354	0,487	0,159
4	1640	6,68	29,78	3,32	4,75	1,09	6,40	0,312	0,518	0,170
5	1920	7,82	29,78	3,88	4,75	1,27	7,15	0,280	0,543	0,178
6	2200	8,96	29,78	4,45	4,75	1,46	7,91	0,253	0,563	0,184
7	2480	10,11	29,78	5,02	4,75	1,64	8,66	0,231	0,579	0,190
8	2760	11,25	29,78	5,58	4,75	1,83	9,41	0,213	0,593	0,194
9	3040	12,39	29,78	6,15	4,75	2,01	10,16	0,197	0,605	0,198
10	3320	13,53	29,78	6,71	4,75	2,20	10,91	0,183	0,615	0,202
11	3600	14,67	29,78	7,28	4,75	2,38	11,67	0,171	0,624	0,204

Зі зростанням доходу пасажирів критерій «тариф» не є визначальним. Більший вплив чинить час пересування та критерій транспортної стомлюваності. Із зазначеного випливає, що зі зростанням величини доходу пасажирів прагнуть здійснювати пересування мінімальні за часом та в більш комфортних умовах.

Отже, рівень доходів пасажирів є вагомим фактором, що визначає значущість критеріїв вибору, але не єдиним. Разом із тим слід розглянути вплив транспортних факторів на значущість критеріїв при різних значеннях доходу пасажирів.

На наступному етапі розглянемо зміну питомої ваги критеріїв залежно від коефіцієнта використання пасажиромісткості при різних значеннях доходу пасажирів (рис. 5.3 – 5.5).

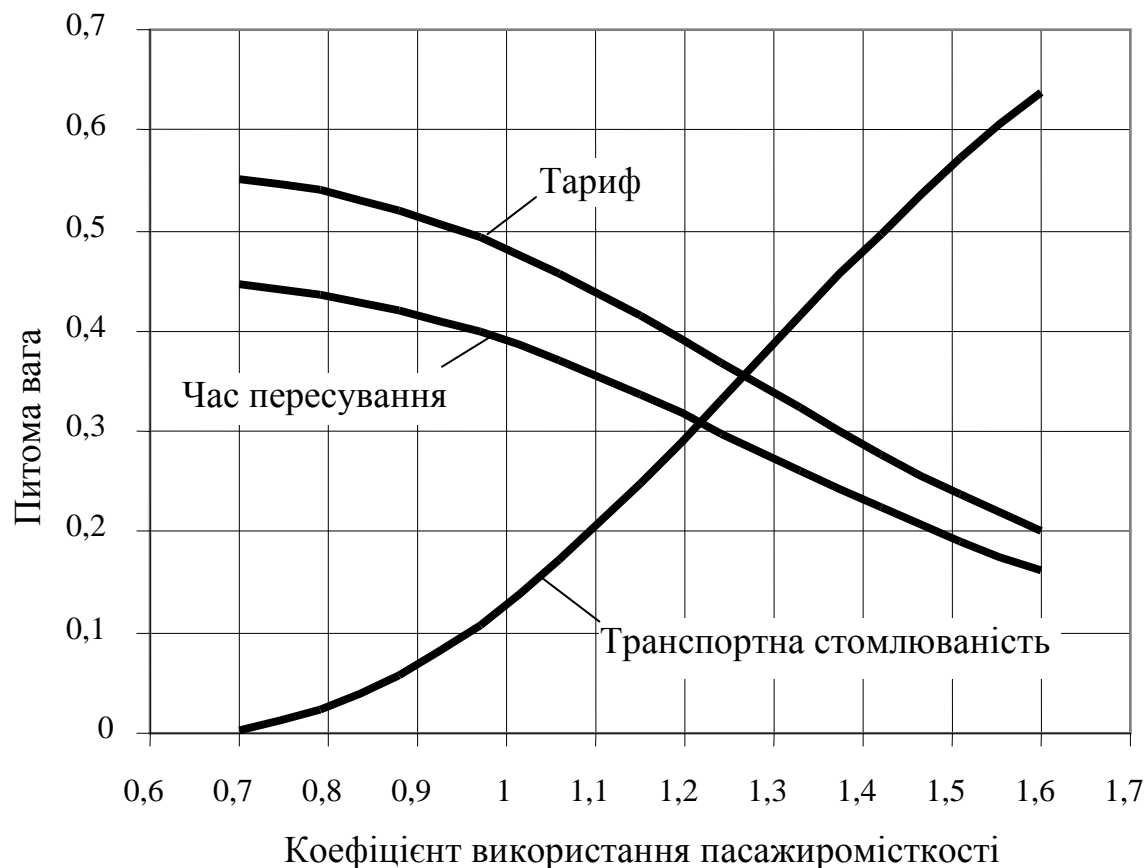


Рисунок 5.3 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирів шляху пересування залежно від коефіцієнта використання пасажиромісткості (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 800 грн)

За низьких значень коефіцієнта пасажиромісткості критерій «транспортна стомлюваність» практично не впливає на значення узагальненої вартості пересування. Це пов'язано з тим, що пасажирі мають можливість здійснювати поїздки в комфортних умовах. Здійснення пересування в таких умовах не позначається на розвитку транспортної стомлюваності. Цим пояснюється низька питома вага критерію «транспортна стомлюваність» за малих значень коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортного засобу.

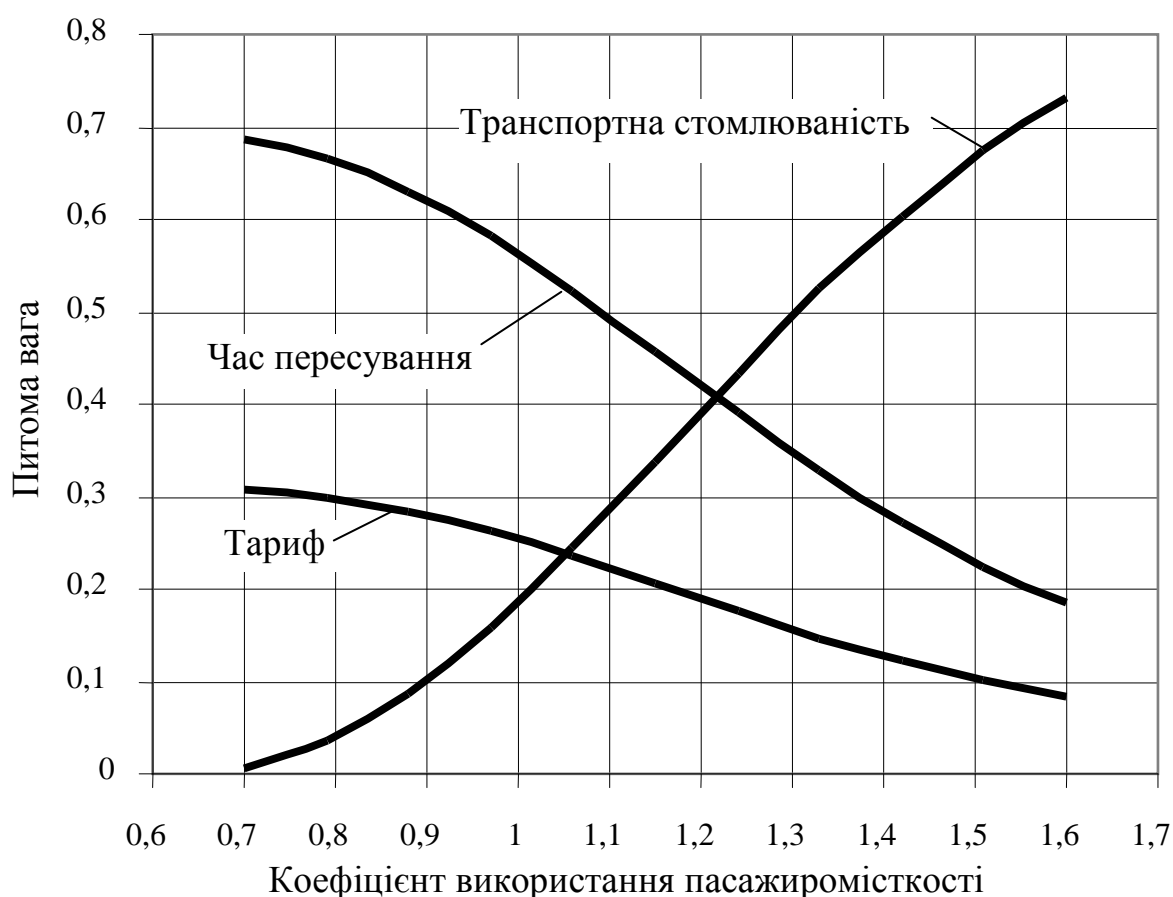


Рисунок 5.4 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажиромісткості шляху пересування залежно від коефіцієнта використання пасажиромісткості (при величині доходу середньостатистичного пасажиромісткості у 2200 грн)

Зі зростанням коефіцієнта використання пасажиромісткості спостерігається зменшення значущості критеріїв «тариф» та «час пересування». При здійсненні поїздки у транспортному засобі з коефіцієнтом використання пасажиромісткості, що перевищує одиницю, критерій «транспортна стомлюваність» стає найбільш значущим. Такі значення коефіцієнта використання пасажиромісткості відповідають

ступеню заповнення салону транспортного засобу, які перевищують нормативні (кількість пасажирів у розрахунку на 1 м² вільної площі підлоги перевищує 5 пас./ м²).

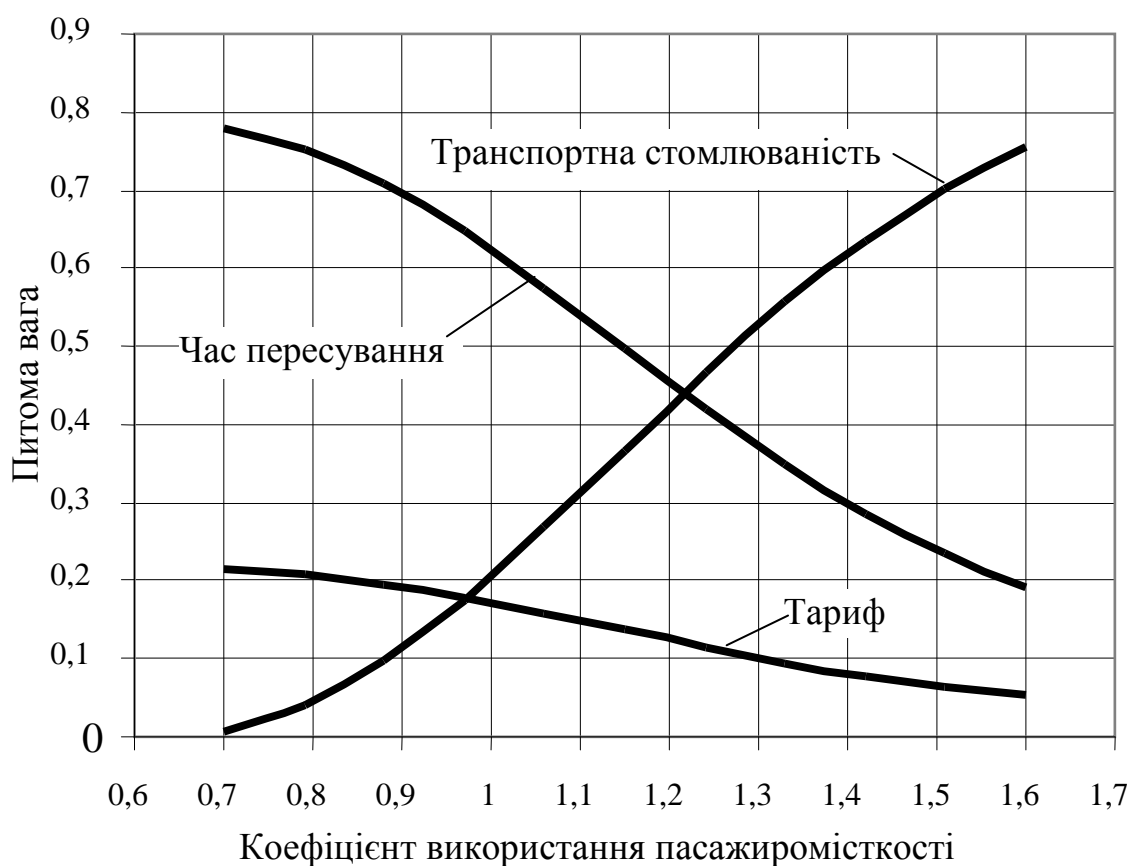


Рисунок 5.5 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від коефіцієнта використання пасажиромісткості (при величині доходу середньостатистичного пасажиря у 3600 грн)

Порівнюючи графіки зміни питомої ваги критеріїв за різної величини доходу пасажиря можна дійти висновку, що тенденція зміни кривих у цілому залишається однаковою. Виключення становить більша вагомість у критерію «тариф», ніж «час пересування», за рівня доходу пасажиря у 800 грн. Зі зростанням величини доходу спостерігається зменшення значущості критерію «тариф». Це пояснюється тими ж обставинами, що і для значущості критеріїв залежно від доходу пасажиря (рис. 5.2).

Результати розрахунку питомого вкладу критеріїв вибору в узагальнену вартість пересування при змінній величині коефіцієнта використання пасажиромісткості наведені в таблицях. 5.4 – 5.6.

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від значення коефіцієнта використання пасажиромісткості при значенні доходу у 800 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	800	3,26	29,8	1,62	3,44	0,01	3,63	0,551	0,446	0,003
2	800	3,26	29,8	1,62	3,78	0,09	3,70	0,540	0,437	0,023
3	800	3,26	29,8	1,62	4,16	0,22	3,84	0,521	0,421	0,058
4	800	3,26	29,8	1,62	4,59	0,44	4,05	0,493	0,399	0,108
5	800	3,26	29,8	1,62	5,07	0,75	4,37	0,457	0,370	0,173
6	800	3,26	29,8	1,62	5,59	1,20	4,82	0,415	0,336	0,249
7	800	3,26	29,8	1,62	6,17	1,80	5,42	0,369	0,299	0,332
8	800	3,26	29,8	1,62	6,79	2,58	6,20	0,323	0,261	0,416
9	800	3,26	29,8	1,62	7,46	3,58	7,20	0,278	0,225	0,498
10	800	3,26	29,8	1,62	8,17	4,83	8,45	0,237	0,191	0,572
11	800	3,26	29,8	1,62	8,93	6,37	9,99	0,200	0,162	0,638

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від значення коефіцієнта використання пасажиромісткості при значенні доходу у 2200 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	2200	8,96	29,8	4,45	3,44	0,03	6,48	0,308	0,686	0,005
2	2200	8,96	29,8	4,45	3,78	0,24	6,69	0,299	0,665	0,036
3	2200	8,96	29,8	4,45	4,16	0,61	7,06	0,283	0,630	0,086
4	2200	8,96	29,8	4,45	4,59	1,20	7,65	0,261	0,582	0,157
5	2200	8,96	29,8	4,45	5,07	2,07	8,52	0,235	0,522	0,243
6	2200	8,96	29,8	4,45	5,59	3,30	9,75	0,205	0,456	0,338
7	2200	8,96	29,8	4,45	6,17	4,95	11,39	0,176	0,390	0,434
8	2200	8,96	29,8	4,45	6,79	7,10	13,55	0,148	0,328	0,524
9	2200	8,96	29,8	4,45	7,46	9,85	16,30	0,123	0,273	0,604
10	2200	8,96	29,8	4,45	8,17	13,29	19,74	0,101	0,225	0,673
11	2200	8,96	29,8	4,45	8,93	17,53	23,98	0,083	0,186	0,731

Таблиця 5.6 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від значення коефіцієнта використання пасажиромісткості при значенні доходу у 3600 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн	Узагальнена вартість пересування, грн	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	3600	14,67	29,8	7,28	3,44	0,06	9,34	0,214	0,780	0,006
2	3600	14,67	29,8	7,28	3,78	0,39	9,67	0,207	0,753	0,040
3	3600	14,67	29,8	7,28	4,16	1,00	10,28	0,195	0,708	0,097
4	3600	14,67	29,8	7,28	4,59	1,97	11,25	0,178	0,647	0,175
5	3600	14,67	29,8	7,28	5,07	3,39	12,67	0,158	0,574	0,268
6	3600	14,67	29,8	7,28	5,59	5,40	14,68	0,136	0,496	0,368
7	3600	14,67	29,8	7,28	6,17	8,09	17,37	0,115	0,419	0,466
8	3600	14,67	29,8	7,28	6,79	11,62	20,90	0,096	0,348	0,556
9	3600	14,67	29,8	7,28	7,46	16,12	25,40	0,079	0,287	0,635
10	3600	14,67	29,8	7,28	8,17	21,75	31,03	0,064	0,235	0,701
11	3600	14,67	29,8	7,28	8,93	28,68	37,96	0,053	0,192	0,756

Аналогічно було розглянуто зміну значущості критеріїв при змінній величині відстані поїздки пасажирів (рис. 5.6 – 5.8).

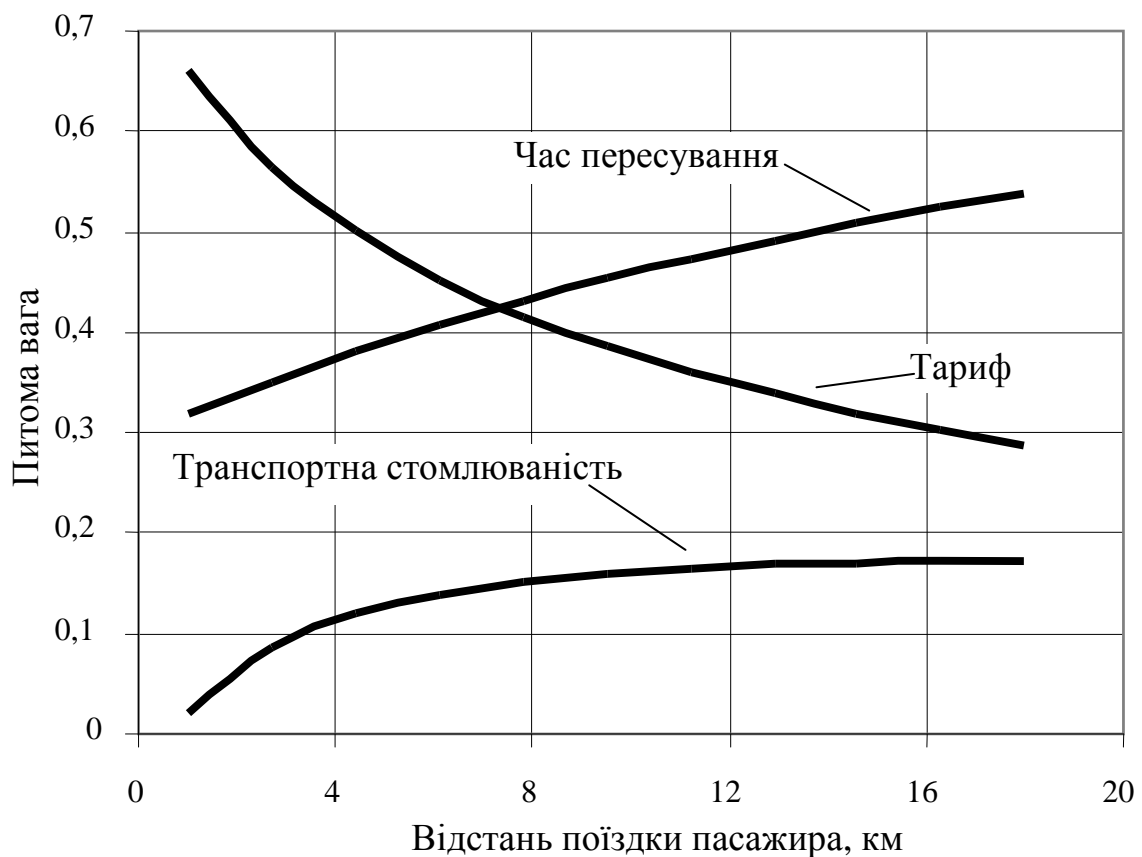


Рисунок 5.6 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирів шляху пересування залежно від відстані поїздки пасажирів (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 800 грн)

Як і в інших випадках, при величині доходу пасажирів у 800 грн за малої відстані поїздки найбільш значущим є критерій «тариф». Зі збільшенням відстані поїздки за постійного значення швидкості сполучення значущість критеріїв «час пересування» та «транспортна стомлюваність» починає зростати, у той час як питома вага критерію «тариф» зменшується. Це пов'язано з тим, що зі збільшенням відстані поїздки пасажирів прагнуть скоротити витрати часу шляхом використання швидкісних видів транспорту, а величина тарифу стає другорядним фактором.

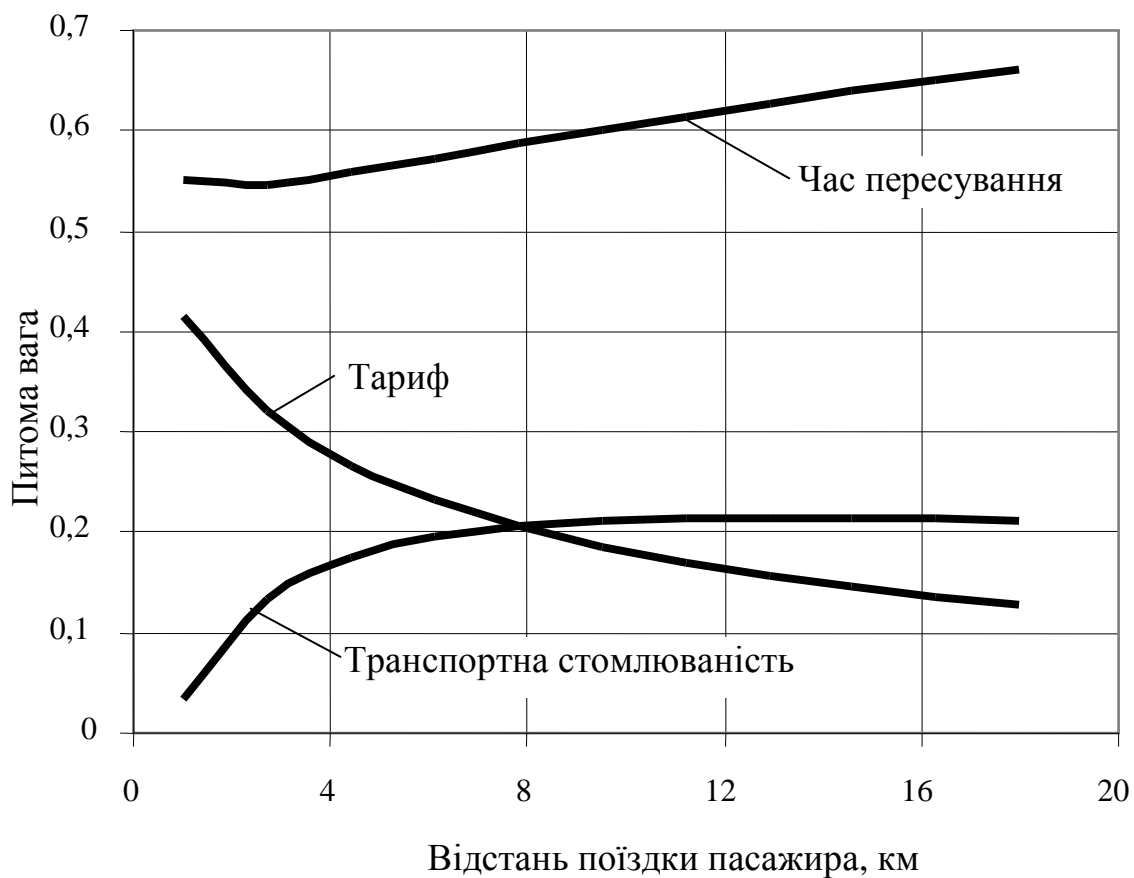


Рисунок 5.7 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від відстані поїздки пасажирів (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 2200 грн)

Із рисунків 5.6 та 5.7 можна дійти висновку, що при низьких значеннях відстані маршрутної поїздки відносна значущість критерію «час пересування» спочатку зменшується, а потім починає зростати. Це можна пояснити стрімким зростанням в цьому діапазоні значущості критерію «транспортна стомлюваність». При здійсненні поїздки на відстань більше 4 км швидкість зміни зменшується та надалі залишається майже на одному рівні.

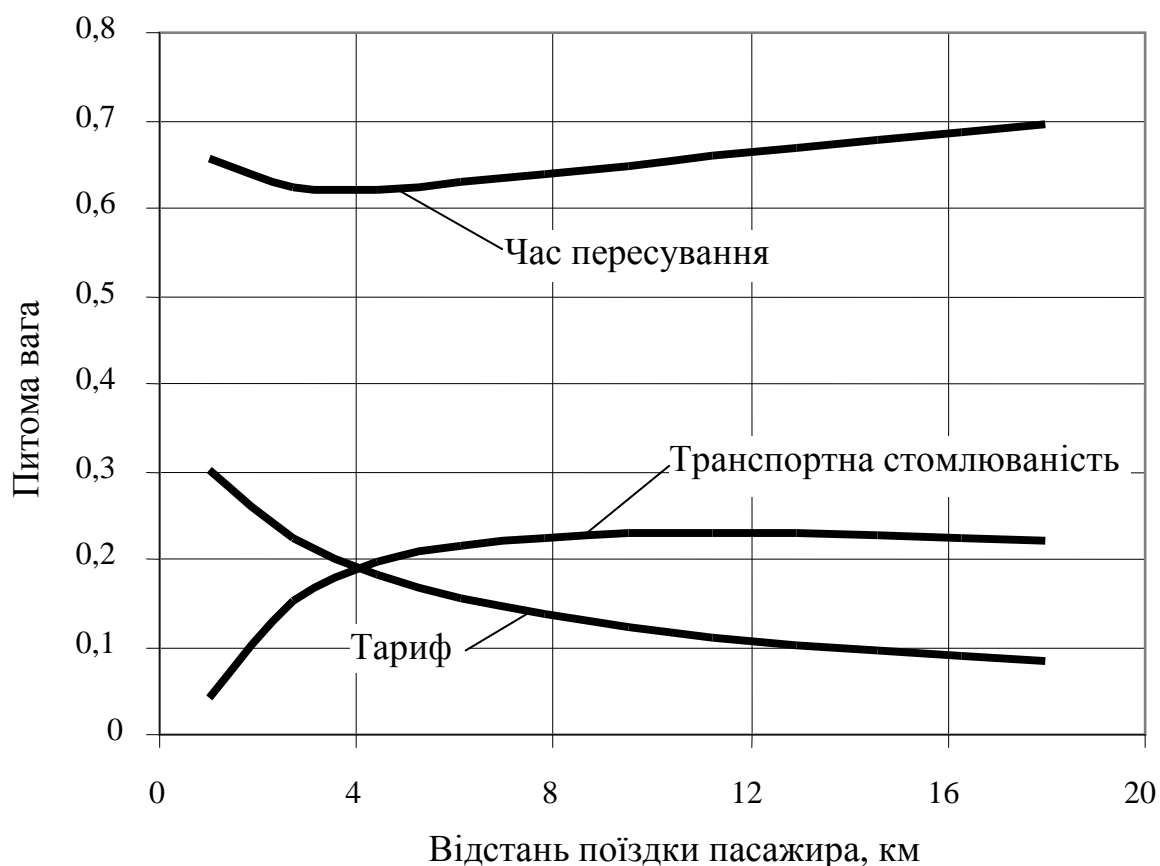


Рисунок 5.8 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від відстані поїздки пасажирів (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 3600 грн)

Результати розрахунку зміни питомої ваги критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від відстані поїздки пасажирів при різних значеннях доходу пасажирів наведені в таблицях 5.7 – 5.9.

Наступний етап – розгляд зміни питомої ваги залежно від швидкості сполучення. Зміна швидкості сполучення розглядалася в інтервалі від 8 до 45 км/год. Нижня межа швидкості відповідає маршрутам наземного пасажирського транспорту, що проходять ділянками вулично-дорожньої мережі зі складними умовами дорожнього руху. Верхня межа діапазону, що розглядається, характерна для швидкісного транспорту (метрополітену).

Таблиця 5.7 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від відстані поїздки при значенні доходу у 800 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна столюбність"
1	800	3,26	17,8	0,97	3,69	0,06	3,03	0,661	0,319	0,020
2	800	3,26	22,9	1,24	4,34	0,30	3,55	0,564	0,351	0,085
3	800	3,26	28,0	1,52	4,66	0,48	4,00	0,500	0,380	0,120
4	800	3,26	33,1	1,80	4,88	0,62	4,41	0,453	0,407	0,140
5	800	3,26	38,2	2,07	5,04	0,73	4,81	0,416	0,432	0,152
6	800	3,26	43,3	2,35	5,17	0,83	5,18	0,386	0,454	0,160
7	800	3,26	48,4	2,63	5,28	0,92	5,55	0,361	0,474	0,166
8	800	3,26	53,5	2,91	5,37	1,00	5,90	0,339	0,492	0,169
9	800	3,26	58,6	3,18	5,45	1,07	6,25	0,320	0,509	0,171
10	800	3,26	63,7	3,46	5,52	1,13	6,59	0,303	0,525	0,172
11	800	3,26	68,8	3,74	5,59	1,19	6,93	0,289	0,539	0,172

Таблиця 5.8 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від відстані поїздки при значенні доходу у 2200 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна столюбність"
1	2200	8,96	17,8	2,66	3,69	0,17	4,83	0,414	0,550	0,035
2	2200	8,96	22,9	3,42	4,34	0,83	6,25	0,320	0,547	0,133
3	2200	8,96	28,0	4,18	4,66	1,31	7,49	0,267	0,558	0,175
4	2200	8,96	33,1	4,94	4,88	1,69	8,64	0,232	0,572	0,196
5	2200	8,96	38,2	5,70	5,04	2,01	9,72	0,206	0,587	0,207
6	2200	8,96	43,3	6,47	5,17	2,28	10,75	0,186	0,601	0,212
7	2200	8,96	48,4	7,23	5,28	2,53	11,75	0,170	0,615	0,215
8	2200	8,96	53,5	7,99	5,37	2,74	12,73	0,157	0,628	0,215
9	2200	8,96	58,6	8,75	5,45	2,94	13,69	0,146	0,639	0,215
10	2200	8,96	63,7	9,51	5,52	3,12	14,63	0,137	0,650	0,213
11	2200	8,96	68,8	10,28	5,59	3,29	15,56	0,129	0,660	0,211

Таблиця 5.9 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від відстані поїздки при значенні доходу у 3600 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	3600	14,67	17,8	4,35	3,69	0,28	6,62	0,302	0,656	0,042
2	3600	14,67	22,9	5,59	4,34	1,36	8,95	0,223	0,625	0,152
3	3600	14,67	28,0	6,84	4,66	2,15	10,99	0,182	0,622	0,196
4	3600	14,67	33,1	8,09	4,88	2,77	12,86	0,156	0,629	0,216
5	3600	14,67	38,2	9,33	5,04	3,29	14,63	0,137	0,638	0,225
6	3600	14,67	43,3	10,58	5,17	3,74	16,32	0,123	0,648	0,229
7	3600	14,67	48,4	11,83	5,28	4,13	17,96	0,111	0,659	0,230
8	3600	14,67	53,5	13,08	5,37	4,49	19,56	0,102	0,668	0,229
9	3600	14,67	58,6	14,32	5,45	4,81	21,13	0,095	0,678	0,228
10	3600	14,67	63,7	15,57	5,52	5,10	22,67	0,088	0,687	0,225
11	3600	14,67	68,8	16,82	5,59	5,38	24,19	0,083	0,695	0,222

Результати розрахунку зміни значущості критеріїв залежно від швидкості сполучення наведені в таблицях 5.10-5.13. Графічно цю залежність зображено на рисунках 5.9-5.11.

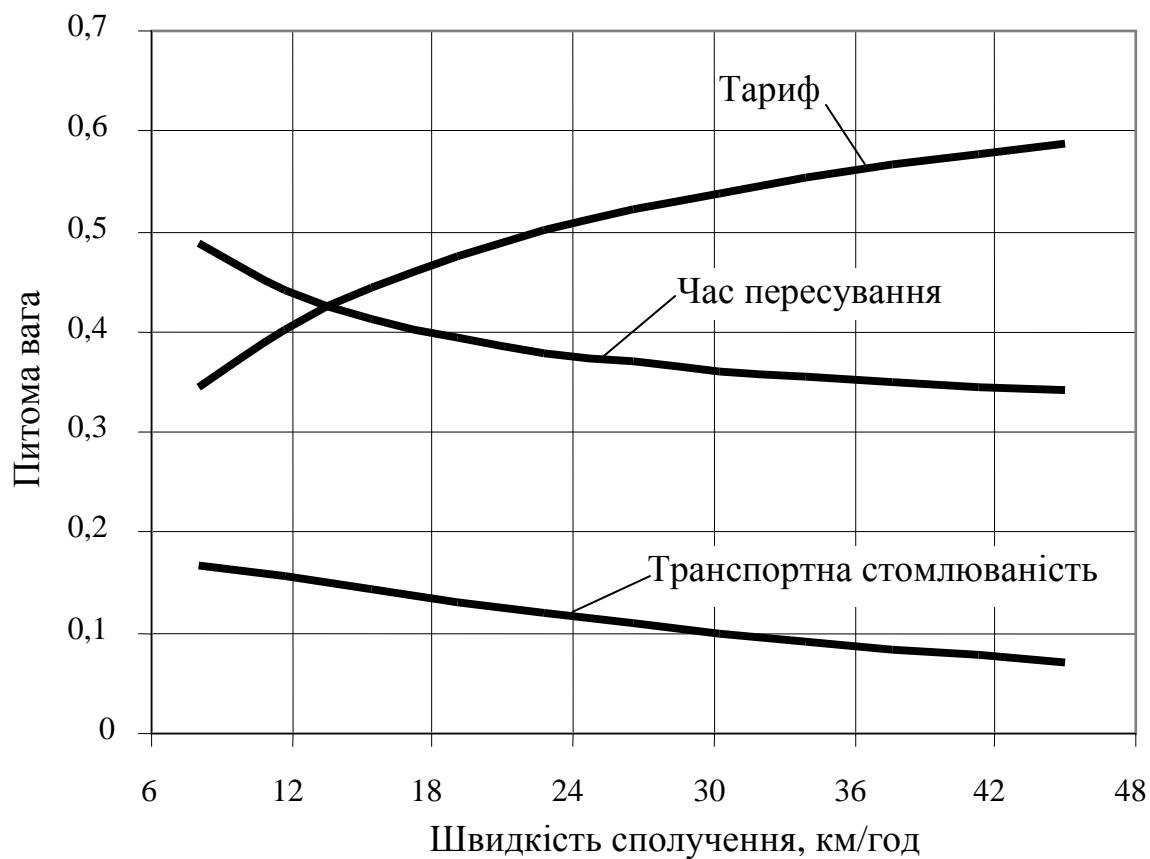


Рисунок 5.9 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирів шляху пересування залежно від швидкості сполучення (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 800 грн)

Таблиця 5.10 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від швидкості сполучення при значенні доходу у 800 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажир за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажир після пересування, бали	Зниження доходу пасажир внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	800	3,26	52,3	2,84	5,35	0,98	5,82	0,344	0,488	0,168
2	800	3,26	40,4	2,20	5,10	0,78	4,97	0,402	0,442	0,156
3	800	3,26	34,3	1,86	4,92	0,64	4,51	0,444	0,413	0,143
4	800	3,26	30,5	1,66	4,78	0,55	4,21	0,476	0,394	0,131
5	800	3,26	27,9	1,52	4,66	0,48	3,99	0,501	0,380	0,119
6	800	3,26	26,1	1,42	4,56	0,42	3,84	0,521	0,370	0,109
7	800	3,26	24,7	1,34	4,47	0,37	3,71	0,539	0,362	0,100
8	800	3,26	23,6	1,28	4,40	0,33	3,62	0,553	0,355	0,092
9	800	3,26	22,8	1,24	4,33	0,30	3,53	0,566	0,350	0,084
10	800	3,26	22,0	1,20	4,27	0,27	3,47	0,577	0,346	0,077
11	800	3,26	21,4	1,17	4,21	0,24	3,41	0,587	0,342	0,071

Таблиця 5.11 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від швидкості сполучення при значенні доходу у 2200 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	2200	8,96	52,3	7,81	5,35	2,69	12,50	0,160	0,625	0,215
2	2200	8,96	40,4	6,04	5,10	2,14	10,18	0,197	0,594	0,210
3	2200	8,96	34,3	5,12	4,92	1,77	8,89	0,225	0,576	0,199
4	2200	8,96	30,5	4,55	4,78	1,51	8,07	0,248	0,565	0,187
5	2200	8,96	27,9	4,17	4,66	1,31	7,48	0,267	0,558	0,175
6	2200	8,96	26,1	3,90	4,56	1,15	7,05	0,284	0,553	0,163
7	2200	8,96	24,7	3,69	4,47	1,02	6,71	0,298	0,550	0,152
8	2200	8,96	23,6	3,53	4,40	0,91	6,44	0,310	0,548	0,141
9	2200	8,96	22,8	3,40	4,33	0,82	6,22	0,322	0,547	0,132
10	2200	8,96	22,0	3,29	4,27	0,74	6,03	0,332	0,546	0,122
11	2200	8,96	21,4	3,20	4,21	0,67	5,87	0,341	0,546	0,114

Таблиця 5.12 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від швидкості сполучення при значенні доходу у 3600 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	3600	14,67	52,3	12,78	5,35	4,41	19,19	0,104	0,666	0,230
2	3600	14,67	40,4	9,88	5,10	3,50	15,38	0,130	0,643	0,227
3	3600	14,67	34,3	8,38	4,92	2,90	13,28	0,151	0,631	0,218
4	3600	14,67	30,5	7,45	4,78	2,47	11,93	0,168	0,625	0,207
5	3600	14,67	27,9	6,83	4,66	2,14	10,97	0,182	0,622	0,195
6	3600	14,67	26,1	6,38	4,56	1,88	10,26	0,195	0,622	0,184
7	3600	14,67	24,7	6,04	4,47	1,67	9,71	0,206	0,622	0,172
8	3600	14,67	23,6	5,78	4,40	1,49	9,27	0,216	0,623	0,161
9	3600	14,67	22,8	5,56	4,33	1,34	8,90	0,225	0,625	0,150
10	3600	14,67	22,0	5,39	4,27	1,21	8,60	0,233	0,627	0,140
11	3600	14,67	21,4	5,24	4,21	1,09	8,34	0,240	0,629	0,131

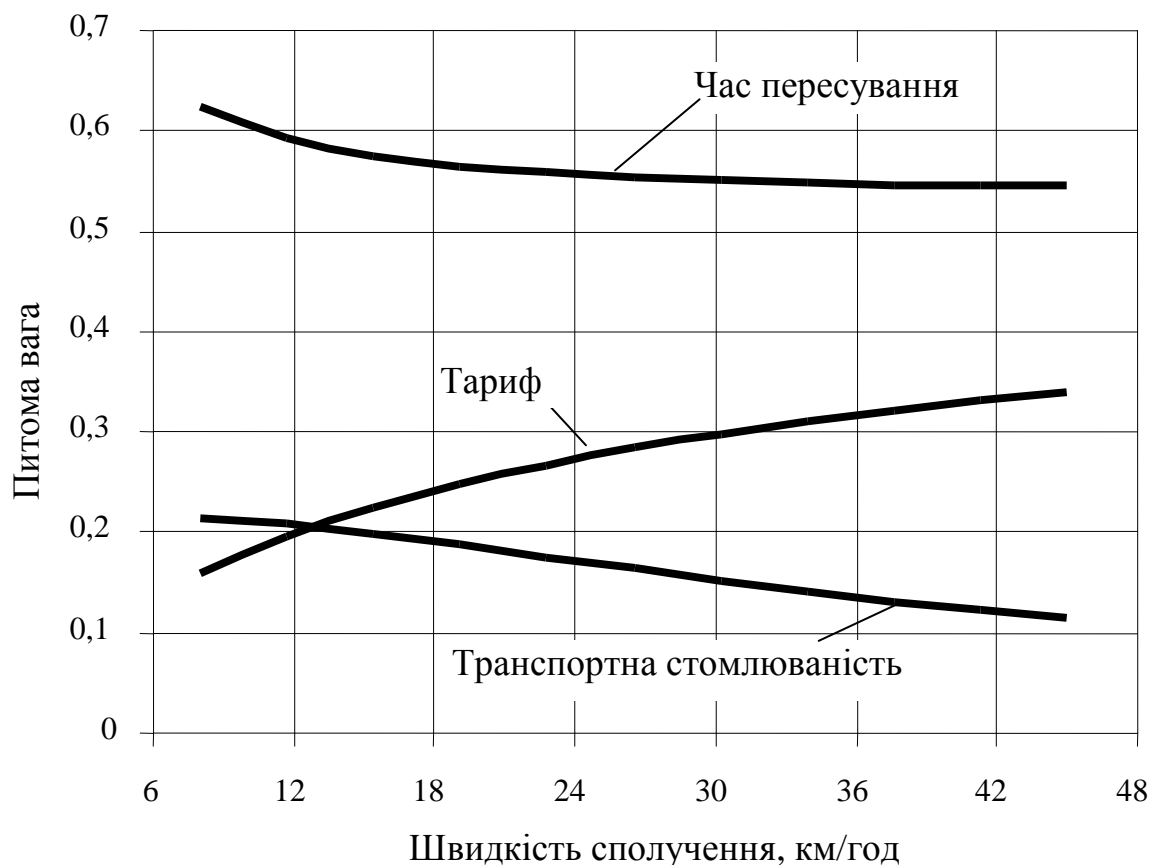


Рисунок 5.10 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирами шляху пересування залежно від швидкості сполучення (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 2200 грн)

Як видно з рисунків 5.9 – 5.11, зі зростанням швидкості сполучення спостерігається зростання відносної значущості критерію «тариф» при зменшенні значущості критеріїв «час пересування» та «транспортна стомлюваність». Це пов'язано з тим, що зі збільшенням швидкості сполучення зменшуються витрати часу на здійснення поїздки, а за постійного значення коефіцієнта використання пасажиромісткості зміна функціонального стану пасажирів є менш стрімкою.

Зі зростанням доходу пасажирів швидкість зміни функції зменшується. Як і в інших випадках, це пов'язано з тим, що зі збільшенням доходу пасажирів, за постійної величини тарифу його вплив на здійснення вибору стає все меншим.

Зростання відносної значущості критерію «тариф» можна пояснити тим, що при достатньо високих швидкості сполучення за альтернативними

варіантами шляху пересування пасажирів обиратимуть той, що забезпечить менші витрати на оплату проїзду.

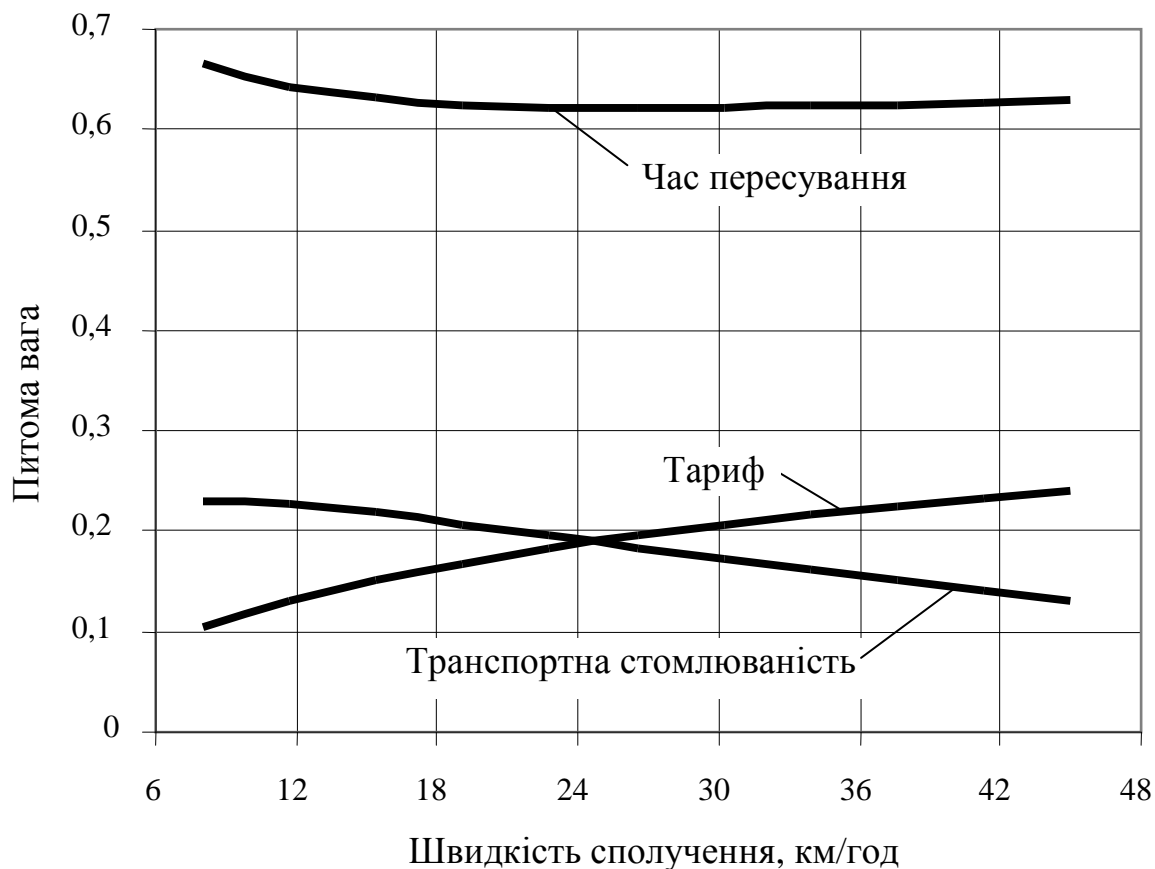


Рисунок 5.11 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирів шляху пересування залежно від швидкості сполучення (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 3600 грн)

На наступному етапі було розглянуто взаємозв'язок між величиною інтервалу руху та значущістю критеріїв вибору. Межі зміни інтервалу руху були задані в діапазоні від 1 до 20 хв. Результати розрахунку зміни значущості критеріїв залежно від інтервалу руху наведені в таблицях 5.13-5.15. Графічно цю залежність зображено на рисунках 5.12-5.14.

Таблиця 5.13 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від інтервалу руху транспортних засобів на маршруті при значенні доходу у 800 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	800	3,26	27,6	1,50	4,53	0,40	3,90	0,513	0,384	0,103
2	800	3,26	28,6	1,55	4,66	0,48	4,03	0,496	0,386	0,118
3	800	3,26	29,7	1,61	4,74	0,53	4,14	0,483	0,390	0,127
4	800	3,26	30,7	1,67	4,80	0,56	4,23	0,472	0,394	0,133
5	800	3,26	31,8	1,73	4,85	0,60	4,32	0,463	0,399	0,138
6	800	3,26	32,8	1,78	4,89	0,62	4,41	0,454	0,405	0,142
7	800	3,26	33,9	1,84	4,92	0,65	4,49	0,445	0,410	0,144
8	800	3,26	34,9	1,90	4,95	0,67	4,57	0,438	0,416	0,147
9	800	3,26	36,0	1,96	4,98	0,69	4,65	0,431	0,421	0,148
10	800	3,26	37,1	2,01	5,01	0,71	4,72	0,424	0,426	0,150
11	800	3,26	38,1	2,07	5,03	0,72	4,79	0,417	0,432	0,151

Таблиця 5.14 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від інтервалу руху транспортних засобів на маршруті при значенні доходу у 2200 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	2200	8,96	27,6	4,12	4,53	1,11	7,23	0,277	0,570	0,153
2	2200	8,96	28,6	4,27	4,66	1,31	7,58	0,264	0,564	0,172
3	2200	8,96	29,7	4,43	4,74	1,44	7,88	0,254	0,563	0,183
4	2200	8,96	30,7	4,59	4,80	1,55	8,14	0,246	0,564	0,191
5	2200	8,96	31,8	4,75	4,85	1,64	8,39	0,238	0,566	0,196
6	2200	8,96	32,8	4,91	4,89	1,72	8,62	0,232	0,569	0,199
7	2200	8,96	33,9	5,06	4,92	1,78	8,85	0,226	0,572	0,202
8	2200	8,96	34,9	5,22	4,95	1,84	9,06	0,221	0,576	0,203
9	2200	8,96	36,0	5,38	4,98	1,90	9,28	0,216	0,580	0,204
10	2200	8,96	37,1	5,54	5,01	1,95	9,48	0,211	0,584	0,205
11	2200	8,96	38,1	5,69	5,03	1,99	9,68	0,207	0,588	0,205

Таблиця 5.15 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від інтервалу руху транспортних засобів на маршруті при значенні доходу у 3600 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	3600	14,67	27,6	6,74	4,53	1,81	10,55	0,190	0,639	0,172
2	3600	14,67	28,6	7,00	4,66	2,14	11,13	0,180	0,628	0,192
3	3600	14,67	29,7	7,25	4,74	2,36	11,62	0,172	0,624	0,204
4	3600	14,67	30,7	7,51	4,80	2,54	12,05	0,166	0,623	0,211
5	3600	14,67	31,8	7,77	4,85	2,69	12,46	0,161	0,624	0,216
6	3600	14,67	32,8	8,03	4,89	2,81	12,84	0,156	0,625	0,219
7	3600	14,67	33,9	8,29	4,92	2,92	13,20	0,151	0,628	0,221
8	3600	14,67	34,9	8,54	4,95	3,02	13,56	0,148	0,630	0,222
9	3600	14,67	36,0	8,80	4,98	3,10	13,90	0,144	0,633	0,223
10	3600	14,67	37,1	9,06	5,01	3,18	14,24	0,140	0,636	0,223
11	3600	14,67	38,1	9,32	5,03	3,26	14,57	0,137	0,639	0,223

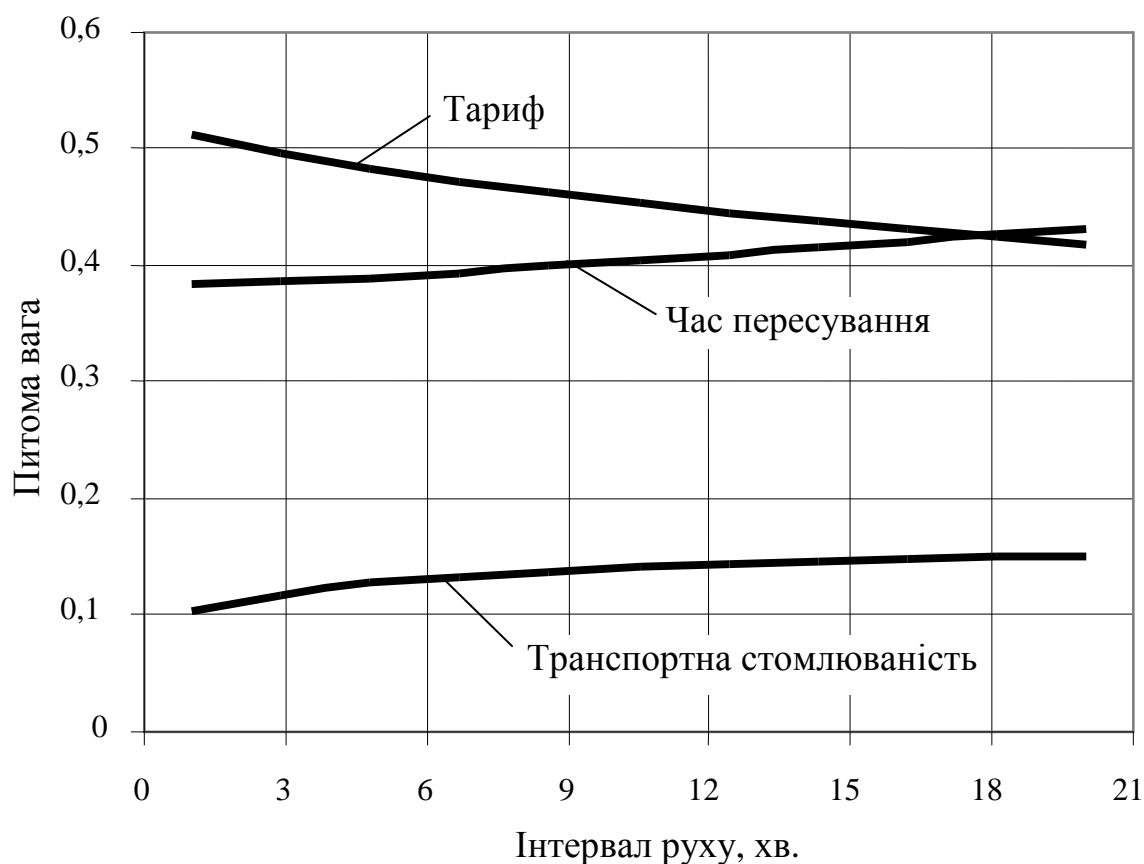


Рисунок 5.12 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирами шляху пересування залежно від інтервалу руху транспортних засобів (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 800 грн)

З графіків, наведених на рисунках 5.12-5.14, стає очевидно, що зі зростанням інтервалу руху транспортних засобів спостерігається зростання відносної значущості критеріїв «час руху» та «транспортна стомлюваність». Значущість критерію «тариф» при цьому зменшується.

При величині доходу пасажирів у 800 грн бачимо, що критерій «тариф» робить найбільший внесок в узагальнену вартість пересування. Зі зростанням інтервалу руху, однак, його значущість зменшується. Тобто при низькій величині доходу пасажирів прагнутимуть скористатися маршрутами з меншою величиною тарифу, не зважаючи на інтервал руху транспортних засобів.

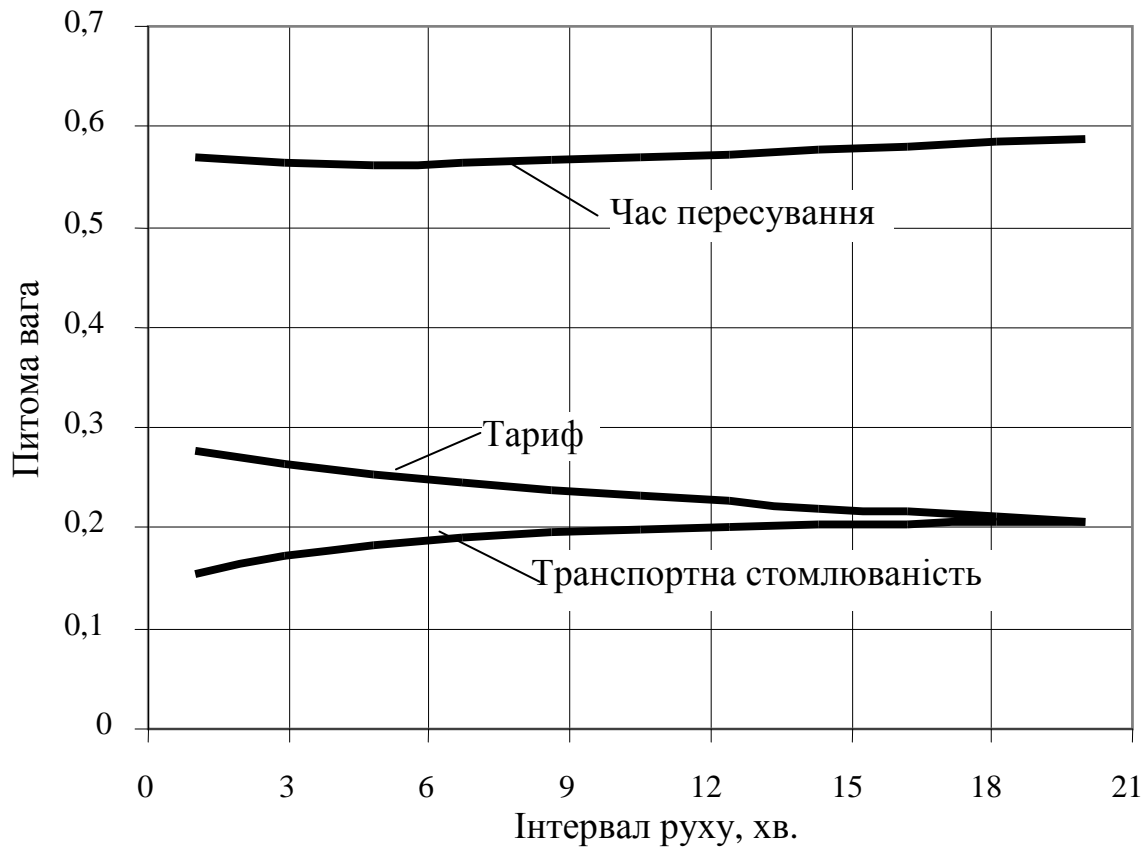


Рисунок 5.13 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирів шляху пересування залежно від інтервалу руху транспортних засобів (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 2200 грн)

Зі зростанням доходу пасажирів відносна значущість критерію «тариф» зменшується. Унаслідок цього пасажирів з метою скорочення часу очікування користуватимуться першим транспортним засобом, що надійде до зупинного пункту (з набору альтернативних), не зважаючи на величину плати за проїзд.

Наступним етапом було розглянуто взаємозв'язок між величиною імовірності відмови пасажирів в посадці та значущістю критеріїв вибору. Імовірність відмови пасажирів в посадці розглядали в діапазоні зміни від 0 до 0,8.

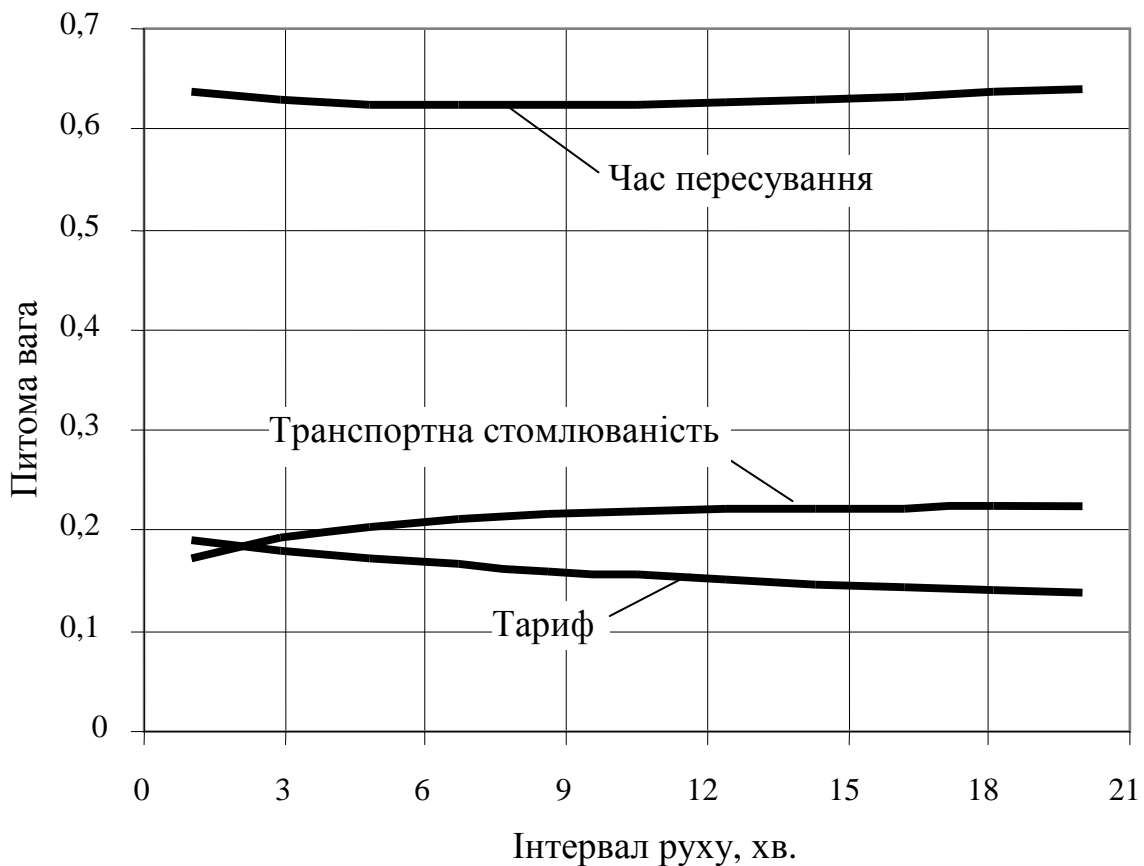


Рисунок 5.14 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від інтервалу руху транспортних засобів (при величині доходу середньостатистичного пасажиром у 3600 грн)

Як показали результати досліджень, наведені в розділі 3, імовірність відмови пасажиром в посадці впливає на час очікування транспортних засобів на зупинному пункті. У свою чергу, час очікування визначається співвідношенням імовірності відмови й інтервалу руху. Ці обставини слід урахувати при оцінці впливу досліджуваного показника на зміну значущості критеріїв вибору шляху пересування.

Результати розрахунку зміни значущості критеріїв залежно від імовірності відмови пасажиром в посадці наведені в таблицях 5.16-5.18. Графічно цю залежність зображено на рисунках 5.15-5.17.

Таблиця 5.16 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від імовірності відмови пасажиру в посадці при значенні доходу у 800 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	800	3,26	29,8	1,62	4,75	0,53	4,15	0,482	0,390	0,128
2	800	3,26	30,2	1,64	4,77	0,55	4,19	0,478	0,392	0,131
3	800	3,26	30,7	1,67	4,80	0,56	4,23	0,472	0,394	0,133
4	800	3,26	31,4	1,70	4,83	0,58	4,29	0,466	0,397	0,136
5	800	3,26	32,1	1,75	4,86	0,61	4,35	0,460	0,401	0,139
6	800	3,26	33,1	1,80	4,90	0,63	4,43	0,451	0,406	0,142
7	800	3,26	34,4	1,87	4,94	0,66	4,53	0,442	0,413	0,146
8	800	3,26	36,1	1,96	4,98	0,69	4,66	0,430	0,422	0,149
9	800	3,26	38,7	2,10	5,04	0,73	4,83	0,414	0,435	0,151
10	800	3,26	42,6	2,32	5,11	0,78	5,10	0,392	0,454	0,153
11	800	3,26	49,8	2,70	5,20	0,85	5,56	0,360	0,487	0,153

Таблиця 5.17 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від імовірності відмови пасажиру в посадці при значенні доходу у 2200 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	2200	8,96	29,8	4,45	4,75	1,46	7,91	0,253	0,563	0,184
2	2200	8,96	30,2	4,51	4,77	1,50	8,02	0,249	0,563	0,188
3	2200	8,96	30,7	4,59	4,80	1,55	8,14	0,246	0,564	0,191
4	2200	8,96	31,4	4,69	4,83	1,61	8,29	0,241	0,565	0,194
5	2200	8,96	32,1	4,80	4,86	1,67	8,47	0,236	0,567	0,197
6	2200	8,96	33,1	4,95	4,90	1,74	8,68	0,230	0,570	0,200
7	2200	8,96	34,4	5,14	4,94	1,81	8,95	0,223	0,574	0,202
8	2200	8,96	36,1	5,40	4,98	1,90	9,30	0,215	0,580	0,205
9	2200	8,96	38,7	5,78	5,04	2,01	9,79	0,204	0,590	0,206
10	2200	8,96	42,6	6,37	5,11	2,15	10,52	0,190	0,605	0,204
11	2200	8,96	49,8	7,44	5,20	2,34	11,78	0,170	0,631	0,199

Таблиця 5.18 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування в залежно від імовірності відмови пасажиру в посадці при значенні доходу у 3600 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажир за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажир після пересування, бали	Зниження доходу пасажир внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	3600	14,67	29,8	7,28	4,75	2,38	11,67	0,171	0,624	0,204
2	3600	14,67	30,2	7,39	4,77	2,46	11,85	0,169	0,624	0,208
3	3600	14,67	30,7	7,51	4,80	2,54	12,06	0,166	0,623	0,211
4	3600	14,67	31,4	7,67	4,83	2,63	12,30	0,163	0,623	0,214
5	3600	14,67	32,1	7,86	4,86	2,73	12,59	0,159	0,624	0,217
6	3600	14,67	33,1	8,10	4,90	2,84	12,94	0,155	0,626	0,220
7	3600	14,67	34,4	8,41	4,94	2,97	13,38	0,150	0,629	0,222
8	3600	14,67	36,1	8,84	4,98	3,11	13,95	0,143	0,633	0,223
9	3600	14,67	38,7	9,45	5,04	3,29	14,75	0,136	0,641	0,223
10	3600	14,67	42,6	10,42	5,11	3,52	15,94	0,125	0,654	0,221
11	3600	14,67	49,8	12,17	5,20	3,83	18,00	0,111	0,676	0,213

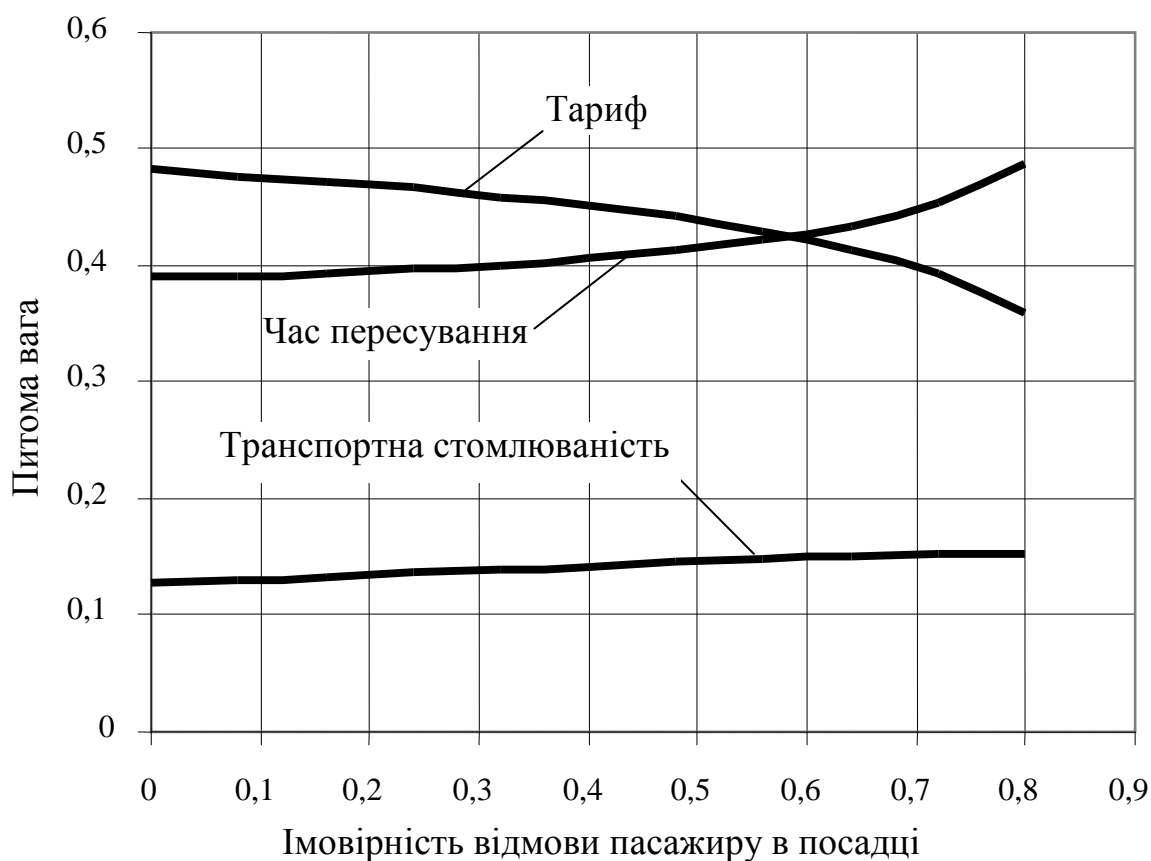


Рисунок 5.15 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від імовірності відмови пасажирів у посадці (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 800 грн)

Із наведених графіків стає зрозуміло, що зі зростанням імовірності відмови пасажирів у посадці зростає питома вага критеріїв «час пересування» та «транспортна стомлюваність», а питома вага критерію «тариф» стає нижчою. Імовірність відмови впливає на час очікування транспортного засобу на зупинному пункті. Із цього випливає, що зі зростанням імовірності відмови пасажирів у посадці пасажирів прагнуть здійснити поїздку у транспортним засобі з більшою величиною тарифу, що дасть змогу зменшити час очікування.

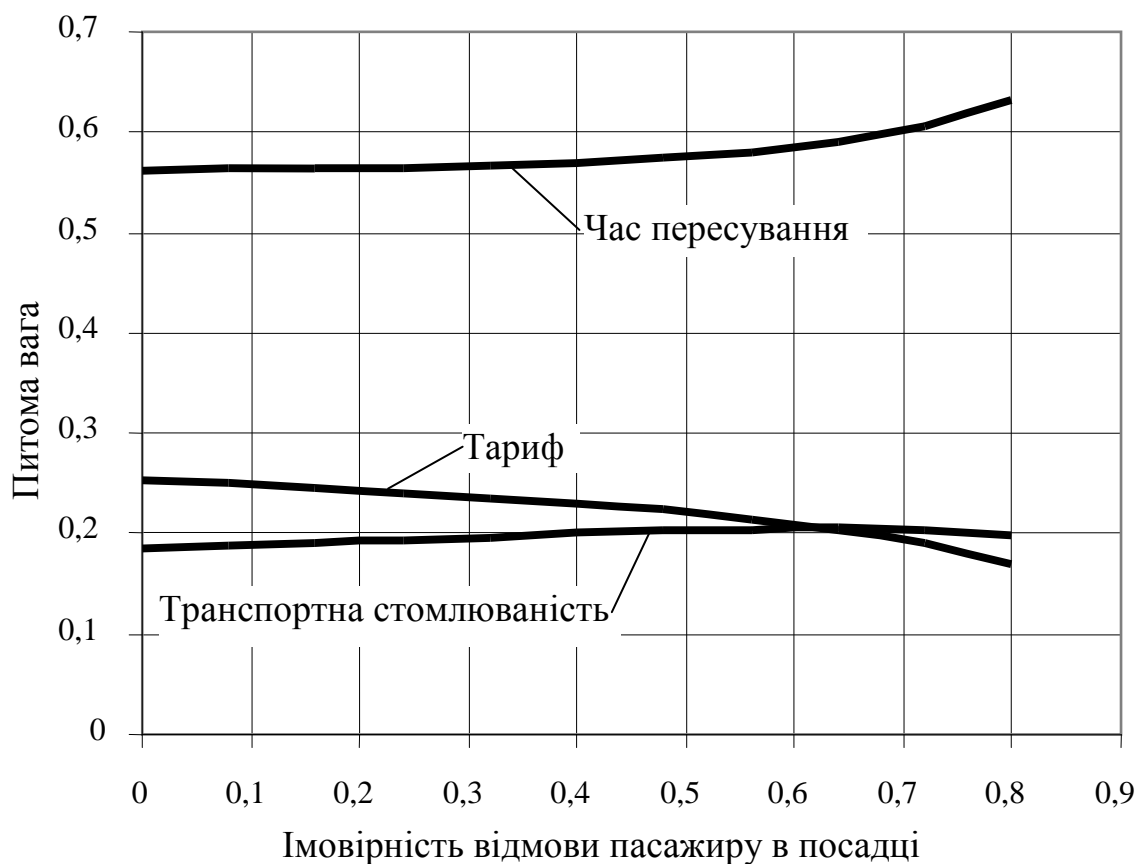


Рисунок 5.16 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від імовірності відмови пасажирів у посадці (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 2200 грн)

Крім цього, з графіків (рис. 5.15-5.17) видно, що зі зростанням імовірності відмови пасажирів у посадці питома вага критерію «транспортна стомлюваність» зменшується несуттєво. У цьому випадку було розглянуто вплив імовірності відмови пасажирів у посадці при постійній величині коефіцієнта використання пасажиромісткості. У той же час відомо, що ці два показники пов'язані один з одним. Імовірність відмови виникає зазвичай при рівні заповнення салону транспортного засобу, що перевищує 5 пас/м². За таких умов відносна значущість критерію «транспортна стомлюваність» насправді має бути вищою.

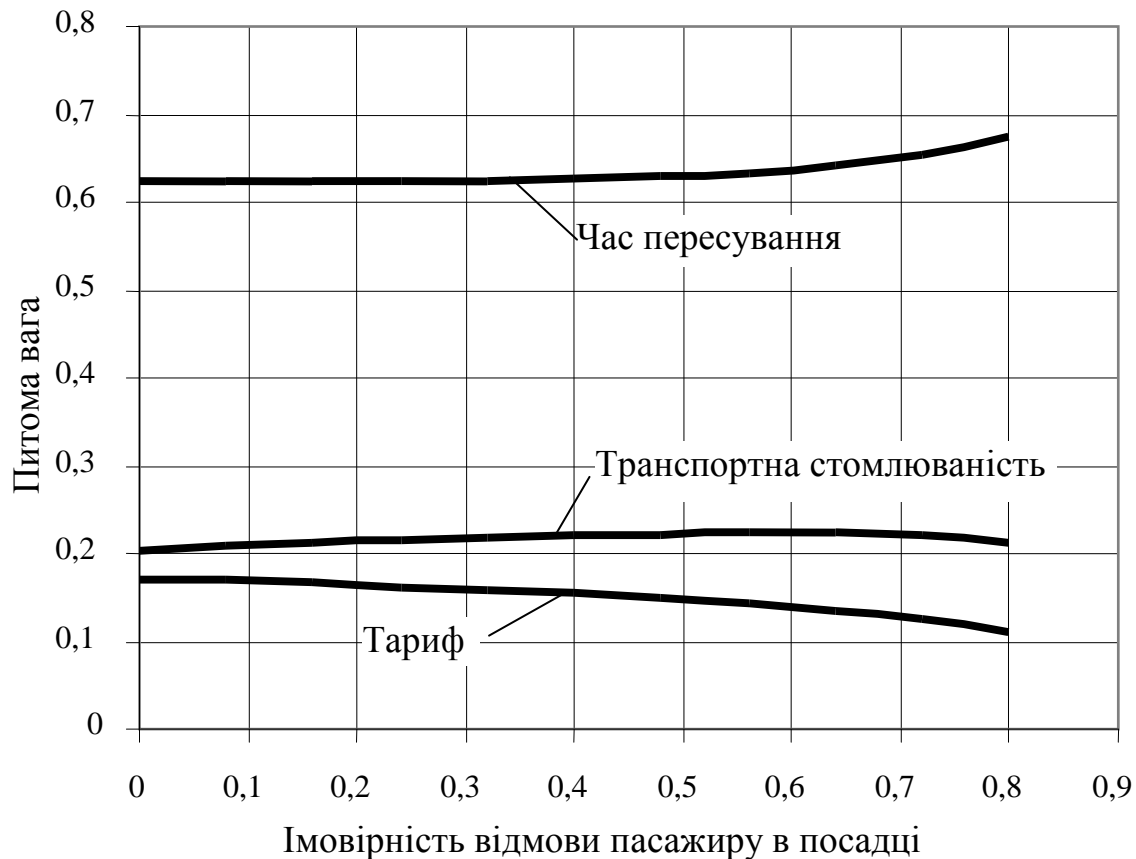


Рисунок 5.17 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажиром шляху пересування залежно від імовірності відмови пасажирів у посадці (при величині доходу середньостатистичного пасажирів у 3600 грн)

Нерозглянутим залишилися вплив відстані пішохідного підходу пасажирів до зупинного пункту. Діапазон зміни цього фактора був прийнятий у межах від 0,2 до 2 км. Результати розрахунку наведені в таблицях 5.19 – 5.21, а графічна інтерпретація – на рисунках 5.18 – 5.20.

Відстань підходу пасажирів до зупинного пункту визначає витрати часу пасажирів на здійснення пішохідного складника транспортного пересування, величина якого може займати значну частину загального часу пересування.

Із рисунку 5.18 стає очевидним, що при низькій величині доходу пасажирів та малій відстані пішого руху критерій «тариф» є найбільш значущим. Зі зростанням доходу пасажирів значущість плати за проїзд стає меншою (рис. 5.19 і 5.20).

Таблиця 5.19 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від відстані підходу пасажирів до зупинного пункту при значенні доходу у 800 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	800	3,26	25,3	1,37	4,73	0,52	3,89	0,514	0,353	0,133
2	800	3,26	28,0	1,52	4,74	0,53	4,05	0,494	0,376	0,130
3	800	3,26	30,7	1,67	4,75	0,53	4,20	0,476	0,397	0,127
4	800	3,26	33,4	1,81	4,76	0,54	4,35	0,460	0,417	0,124
5	800	3,26	36,1	1,96	4,77	0,54	4,50	0,444	0,435	0,121
6	800	3,26	38,8	2,11	4,78	0,55	4,66	0,429	0,452	0,118
7	800	3,26	41,5	2,25	4,79	0,56	4,81	0,416	0,469	0,115
8	800	3,26	44,2	2,40	4,79	0,56	4,96	0,403	0,484	0,113
9	800	3,26	46,9	2,55	4,80	0,56	5,11	0,391	0,498	0,111
10	800	3,26	49,6	2,69	4,81	0,57	5,26	0,380	0,512	0,108
11	800	3,26	52,3	2,84	4,81	0,57	5,41	0,369	0,525	0,106

Таблиця 5.20 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від відстані підходу пасажирів до зупинного пункту при значенні доходу у 2200 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	2200	8,96	25,3	3,78	4,73	1,42	7,20	0,278	0,525	0,198
2	2200	8,96	28,0	4,18	4,74	1,44	7,62	0,262	0,548	0,189
3	2200	8,96	30,7	4,58	4,75	1,46	8,05	0,249	0,570	0,182
4	2200	8,96	33,4	4,99	4,76	1,48	8,47	0,236	0,589	0,175
5	2200	8,96	36,1	5,39	4,77	1,50	8,89	0,225	0,606	0,168
6	2200	8,96	38,8	5,79	4,78	1,51	9,31	0,215	0,623	0,163
7	2200	8,96	41,5	6,20	4,79	1,53	9,72	0,206	0,637	0,157
8	2200	8,96	44,2	6,60	4,79	1,54	10,14	0,197	0,651	0,152
9	2200	8,96	46,9	7,00	4,80	1,55	10,56	0,189	0,663	0,147
10	2200	8,96	49,6	7,41	4,81	1,57	10,97	0,182	0,675	0,143
11	2200	8,96	52,3	7,81	4,81	1,58	11,39	0,176	0,686	0,139

Таблиця 5.21 – Результати розрахунку значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від відстані підходу пасажирів до зупинного пункту при значенні доходу у 3600 грн

№ п/п	Дохід середньостатистичного пасажиря за місяць, грн.	Вартість вільного часу, грн/год	Час пересування, хв.	Вартісна оцінка витрат часу на пересування, грн.	Функціональний стан пасажиря після пересування, бали	Зниження доходу пасажиря внаслідок пересування, грн.	Узагальнена вартість пересування, грн.	Питома вага критерію в узагальненій вартості пересування		
								"Тариф"	"Час пересування"	"Транспортна стомлюваність"
1	3600	14,67	25,3	6,18	4,73	2,33	10,51	0,190	0,588	0,221
2	3600	14,67	28,0	6,84	4,74	2,36	11,20	0,179	0,611	0,211
3	3600	14,67	30,7	7,50	4,75	2,40	11,90	0,168	0,631	0,201
4	3600	14,67	33,4	8,16	4,76	2,42	12,58	0,159	0,648	0,193
5	3600	14,67	36,1	8,82	4,77	2,45	13,27	0,151	0,665	0,185
6	3600	14,67	38,8	9,48	4,78	2,48	13,96	0,143	0,679	0,177
7	3600	14,67	41,5	10,14	4,79	2,50	14,64	0,137	0,693	0,171
8	3600	14,67	44,2	10,80	4,79	2,52	15,32	0,131	0,705	0,165
9	3600	14,67	46,9	11,46	4,80	2,54	16,00	0,125	0,716	0,159
10	3600	14,67	49,6	12,12	4,81	2,56	16,68	0,120	0,727	0,154
11	3600	14,67	52,3	12,78	4,81	2,58	17,36	0,115	0,736	0,149

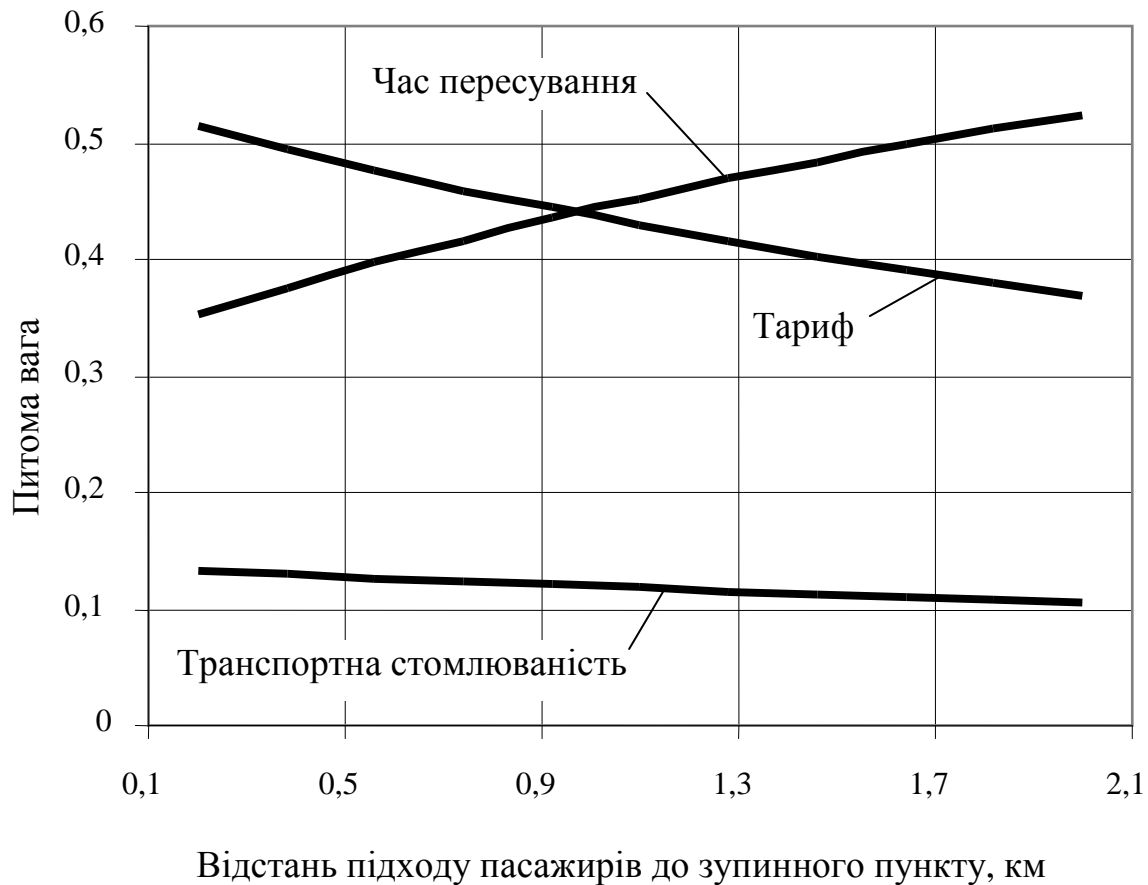


Рисунок 5.18 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від відстані підходу пасажирів до зупинного пункту (при величині доходу середньостатистичного пасажиря у 800 грн)

Це пов'язано з тим, що швидкість пішого руху порівняно зі швидкістю сполучення транспортних засобів міського пасажирського транспорту мала (у розрахунках приймали $v_{\text{пеш}} = 4$ км/год). Таким чином, при більшому значенні доходу пасажирі прагнутимуть скоротити витрати часу на пересування, не зважаючи на величину плати за проїзд.

Аналіз усіх графіків показує, що зі зростанням величини доходу пасажирі прагнуть здійснити пересування в комфортних умовах і за мінімальний час, у той час як значущість тарифів на користування послугами міського пасажирського транспорту зменшується.

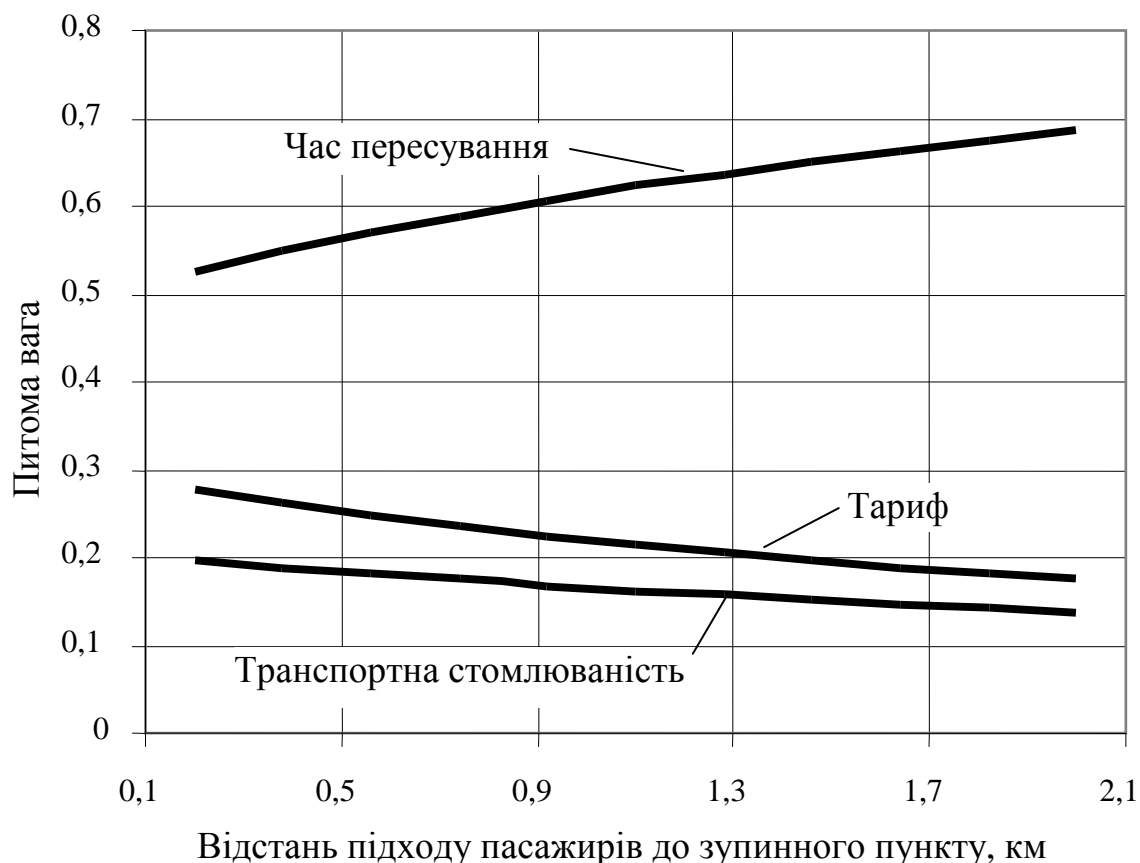


Рисунок 5.19 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від відстані підходу пасажирів до зупинного пункту (при величині доходу середньостатистичного пасажиря у 2200 грн)

Питома вага критерію «транспортна стомлюваність» визначається факторами, що впливають на час пересування пасажирів (за її складниками) і рівнем заповнення салону транспортного засобу при здійсненні маршрутної поїздки. Зі зростанням коефіцієнта використання пасажиромісткості спостерігається зменшення значущості критеріїв «тариф» та «час пересування». При здійсненні поїздки у транспортному засобі з коефіцієнтом використання пасажиромісткості, що перевищує одиницю, критерій «транспортна стомлюваність» стає найбільш значущим. Такі значення коефіцієнта використання пасажиромісткості відповідають ступеню заповнення салону транспортного засобу, що перевищують нормативні (кількість пасажирів у розрахунку на 1 м² вільної площі підлоги перевищує 5 пас./ м²).

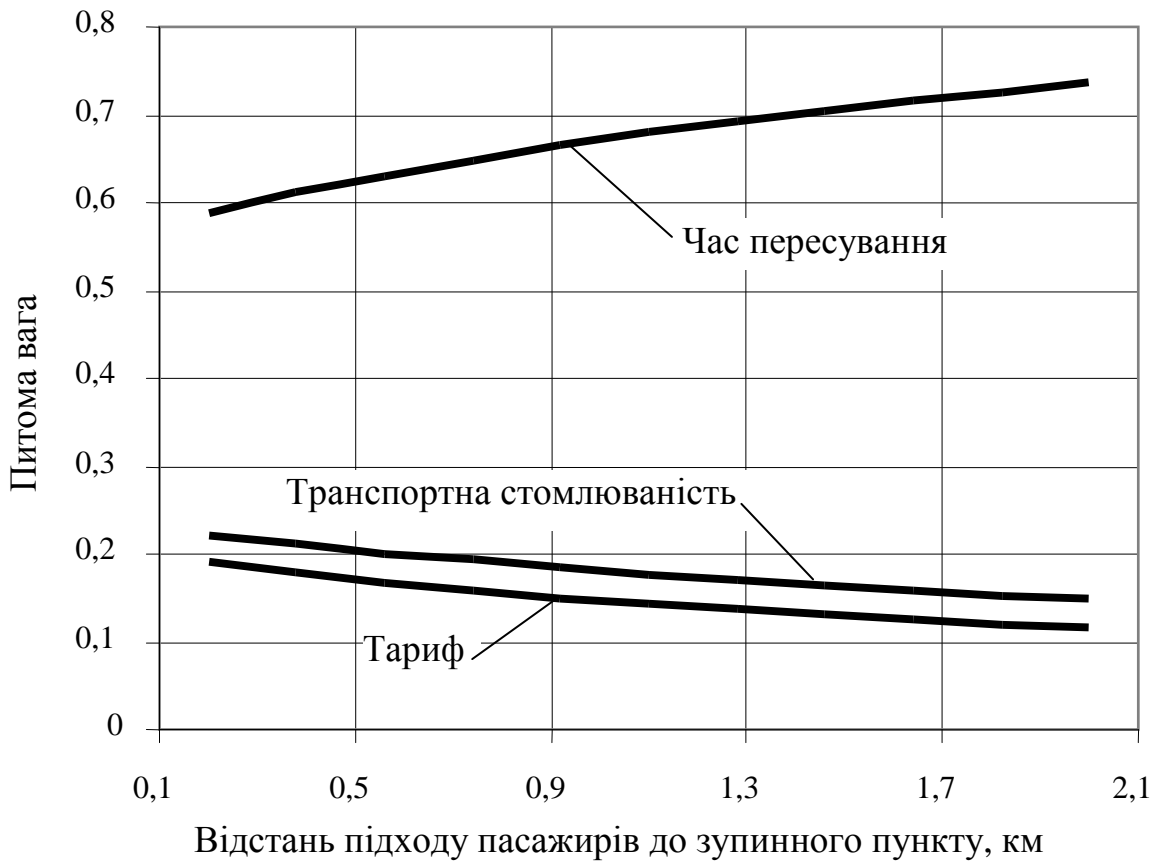


Рисунок 5.20 – Зміна питомої ваги критеріїв вибору пасажирями шляху пересування залежно від відстані підходу пасажирів до зупинного пункту (при величині доходу середньостатистичного пасажиря у 3600 грн)

Проведений аналіз не дає змоги повною мірою оцінити закономірності зміни значущості факторів, що впливають на вибір пасажирями шляху пересування. Це пов'язано із наявністю взаємних зв'язків між ними. Унаслідок цього виникає необхідність в оцінці сумісного впливу чинників.

5.3 Оцінка сумісного впливу факторів, що характеризують альтернативні варіанти шляху пересування та соціально-економічні умови життя населення

Більшість факторів, що визначають характеристики шляхів пересування, чинять сумісний вплив на досліджувані змінні. Унаслідок цього потрібно розглядати сумісний вплив факторів, що характеризують альтернативні варіанти шляху пересування, на критерії їхнього вибору. Із цією метою було розглянуто залежності зміни питомої ваги критеріїв «тариф», «час пересування», «транспортна стомлюваність» від коефіцієнта використання пасажиромісткості та величини доходу пасажирів (табл. 5.22). Графічна інтерпретація цієї залежності наведена на рисунках 5.21-5.23.

Таблиця 5.22 – Результати розрахунку питомої ваги критеріїв вибору пасажирів шляху пересування залежно від коефіцієнта використання пасажиромісткості та величини доходу пасажирів

Номер п/п	Дохід пасажирів, грн.	Коефіцієнт використання пасажиромісткості	Питома вага критеріїв:		
			«Тариф»	«Час пересування»	«Транспортна «стомлюваність»
1	2	3	4	5	6
1	800	0,7	0,551	0,446	0,003
2	800	0,79	0,540	0,437	0,023
3	800	0,88	0,521	0,421	0,058
4	800	0,97	0,493	0,399	0,108
5	800	1,06	0,457	0,370	0,173
6	800	1,15	0,415	0,336	0,249
7	800	1,24	0,369	0,299	0,332
8	800	1,33	0,323	0,261	0,416
9	800	1,42	0,278	0,225	0,498
10	800	1,51	0,237	0,191	0,572
11	800	1,6	0,200	0,162	0,638
12	2200	0,7	0,308	0,686	0,005

Продовження таблиці 5.22

1	2	3	4	5	6
13	2200	0,79	0,299	0,665	0,036
14	2200	0,88	0,283	0,630	0,086
15	2200	0,97	0,261	0,582	0,157
16	2200	1,06	0,235	0,522	0,243
17	2200	1,15	0,205	0,456	0,338
18	2200	1,24	0,176	0,390	0,434
19	2200	1,33	0,148	0,328	0,524
20	2200	1,42	0,123	0,273	0,604
21	2200	1,51	0,101	0,225	0,673
22	2200	1,6	0,083	0,186	0,731
23	3600	0,7	0,214	0,780	0,006
24	3600	0,79	0,207	0,753	0,040
25	3600	0,88	0,195	0,708	0,097
26	3600	0,97	0,178	0,647	0,175
27	3600	1,06	0,158	0,574	0,268
28	3600	1,15	0,136	0,496	0,368
29	3600	1,24	0,115	0,419	0,466
30	3600	1,33	0,096	0,348	0,556
31	3600	1,42	0,079	0,287	0,635
32	3600	1,51	0,064	0,235	0,701
33	3600	1,6	0,053	0,192	0,756

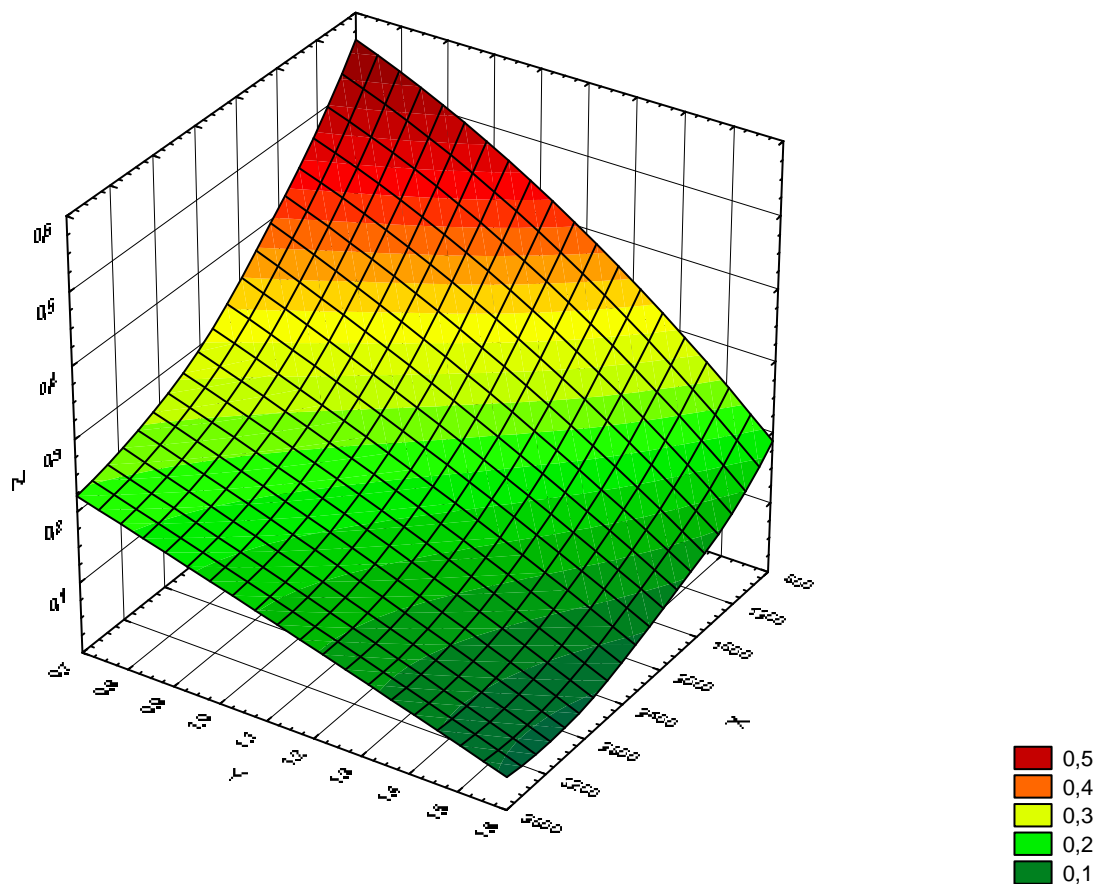


Рисунок 5.21 – Залежність питомої ваги критерію «тариф» (Z) від коефіцієнта використання пасажиромісткості (Y) та величини доходу пасажирів (X)

Найбільша питома вага критерію «тариф» спостерігається при низьких значеннях коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортного засобу та доходу пасажирів у 800 грн. Зі зростанням доходу пасажирів та коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортного засобу спостерігається зниження питомої ваги критерію «тариф» в узагальненій вартості пересування. Зі зростанням величини коефіцієнта використання пасажиромісткості значимість критерію «тариф» значно зменшується для пасажирів з різним рівнем доходів.

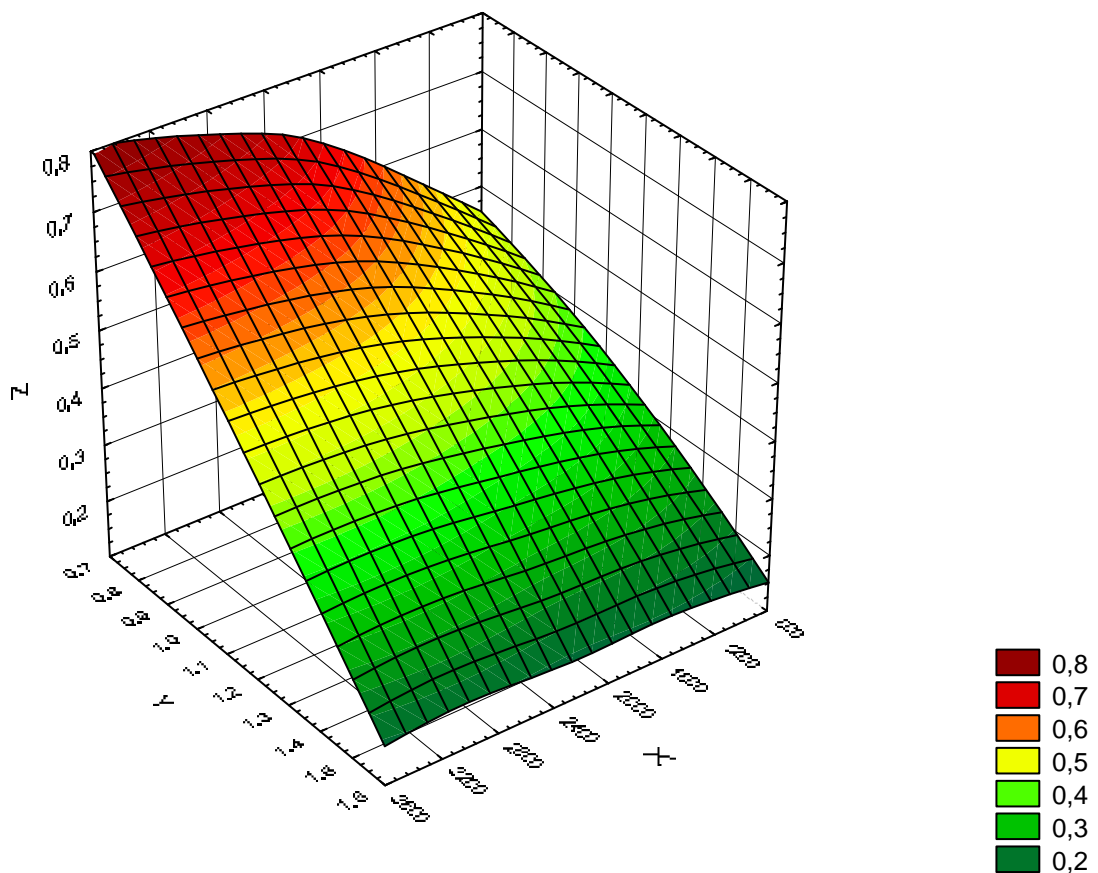


Рисунок 5.22 – Залежність питомої ваги критерію «час пересування» (Z) від коефіцієнта використання пасажиромісткості (Y) та величини доходу пасажирів (X)

Найбільша питома вага критерію «час пересування» спостерігається при низьких значеннях коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортного засобу та доходу пасажирів, що дорівнює 3600 грн. При високих значеннях доходу пасажирів та коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортного засобу спостерігається зниження питомої ваги критерію «час пересування» в узагальненій вартості пересування. Це пов'язано з тим, що пасажирів з високим рівнем доходу намагатимуться здійснювати пересування в більш комфортних умовах. Час пересування при цьому буде виступати як другорядний критерій.

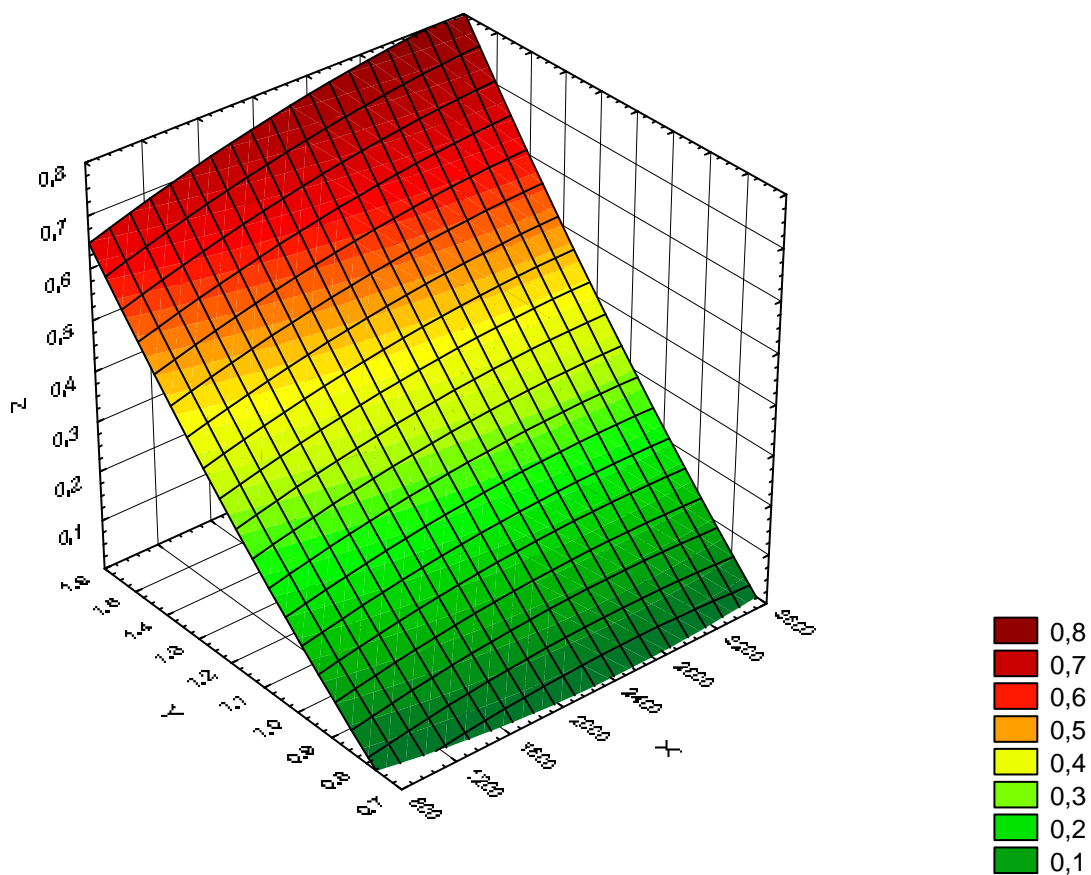


Рисунок 5.23 – Залежність питомої ваги критерію «транспортна стомлюваність» (Z) від коефіцієнта використання пасажиромісткості (Y) та величини доходу пасажирів (X)

Найбільша питома вага критерію «транспортна стомлюваність» спостерігається при високих значеннях коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортного засобу та доходу пасажирів. Зі зниженням доходу пасажирів та коефіцієнта використання пасажиромісткості транспортного засобу спостерігається зниження питомої ваги критерію «транспортна стомлюваність» в узагальненій вартості пересування. Це можна пояснити тим, що пасажирів з низьким рівнем доходу зацікавлені в економії грошових витрат та рівень заповнення транспортного засобу для цих пасажирів не є визначальним.

5.4 Визначення закономірностей вибору пасажирями шляху пересування

Одним із найважливіших показників, який визначає закономірності розподілу пасажиропотоків, є соціально-економічні умови життя населення. У якості показника, що характеризує соціально-економічні умови життя населення, було використано величину доходу пасажирів. Тут спостерігається подвійний вплив. Із одного боку величина заробітної плати визначає вартість вільного часу пасажирів тобто $C_{\text{год}} = f(D_{\text{м}})$. З другого боку, зі зростанням величини доходу пасажирів, при постійних умовах пересування збільшується абсолютна величина зменшення доходу пасажирів внаслідок пересування.

Для визначення вказаних закономірностей було проаналізовано розподіл кореспонденцій між альтернативними шляхами пересування при зміні величини доходу пасажирів. Характеристики пересування за альтернативними шляхами наведені в таблиці 5.23.

Величину заробітної плати розглядали в діапазоні від 800 до 3600 грн. Вартість однієї години вільного часу пасажирів залежно від заробітної плати пасажирів визначали за формулою (2.1). Графік зміни розподілу кореспонденцій за альтернативними шляхами пересування залежно від величини доходу пасажирів представлено на рисунку 5.24.

На графіку бачимо, що зміна доходу пасажирів призводить до перерозподілу пасажирських кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування. Це пов'язано з обставинами, указаними при оцінці значущості критеріїв вибору пасажирями шляху пересування. Тобто при зростанні доходу пасажирів прагнуть здійснювати пересування за мінімальний час і з меншою транспортною стомлюваністю. При цьому відносна значущість грошових витрат на оплату проїзду зменшується.

Таблиця 5.23 – Характеристики альтернативних варіантів шляху пересування

Номер шляху пересування	Час пішого підходу до зупиночного пункту, хв.	Кількість маршрутних поїздок, од.	Плановий інтервал руху, хв.	Середнє квадратичне відхилення від планового інтервалу, хв.	Імовірність відмови пасажирів в посадці	Відстань маршрутної поїздки, км	Швидкість сполучення, км/год	Коефіцієнт використання пасажиромісткості	Тариф, грн.	Час пішого руху під час пересадки, хв.	Час пішого руху від зупиночного пункту, хв.
1	7,5	1	6	2	0,2	5	20	0,5	2,5	-	10,5
2	7,5	2	7,5	3	0	2	22	0,7	2	2	10,5
			6,7	2	0,6	5	16	1,2	1,5	-	
3	10,5	2	6,7	2	0,6	5	16	1,2	1,5	2	10,5
			22,5	8	0,6	2	25	0,7	2	-	
4	7,5	2	6,0	2	0	2	20	0,5	2,5	2	10,5
			7,5	3	0	2	22	0,5	2	-	
5	7,5	2	6	2	0	1	25	0,5	2,5	2	10,5
			7,5	3	0	2	30	0,6	2	-	

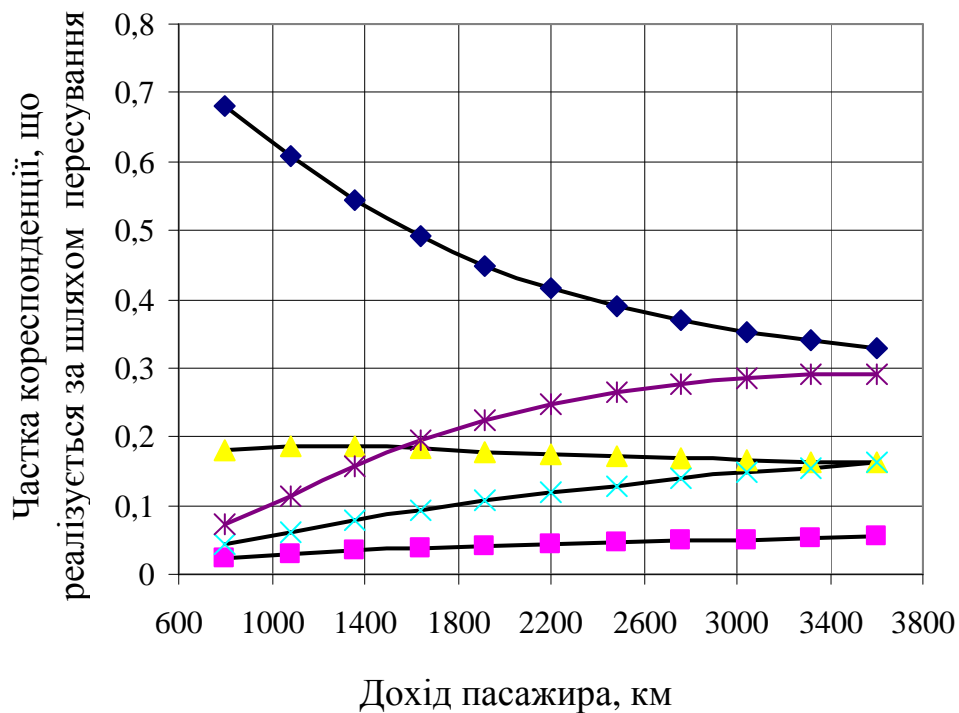


Рисунок 5.24 – Графік зміни розподілу кореспонденцій за альтернативними шляхами пересування залежно від величини доходу пасажирів:

- ◆— — перший шлях пересування;
- — другий шлях пересування;
- ▲— — третій шлях пересування;
- ×— — четвертий шлях пересування;
- *— — п'ятий шлях пересування

Аналогічно було проведено аналіз зміни частки кореспонденцій, що реалізуються за шляхами пересування при варіюванні параметрами, що їх характеризують (рис. 5.25 – 5.29).

Зміна всіх розглянутих факторів, окрім швидкості сполучення, позначається на зменшенні частки кореспонденції, що реалізується за шляхом пересування. При цьому найбільший вплив на досліджану змінну чинять такі фактори, як коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу та імовірність відмови пасажирів в посадці.

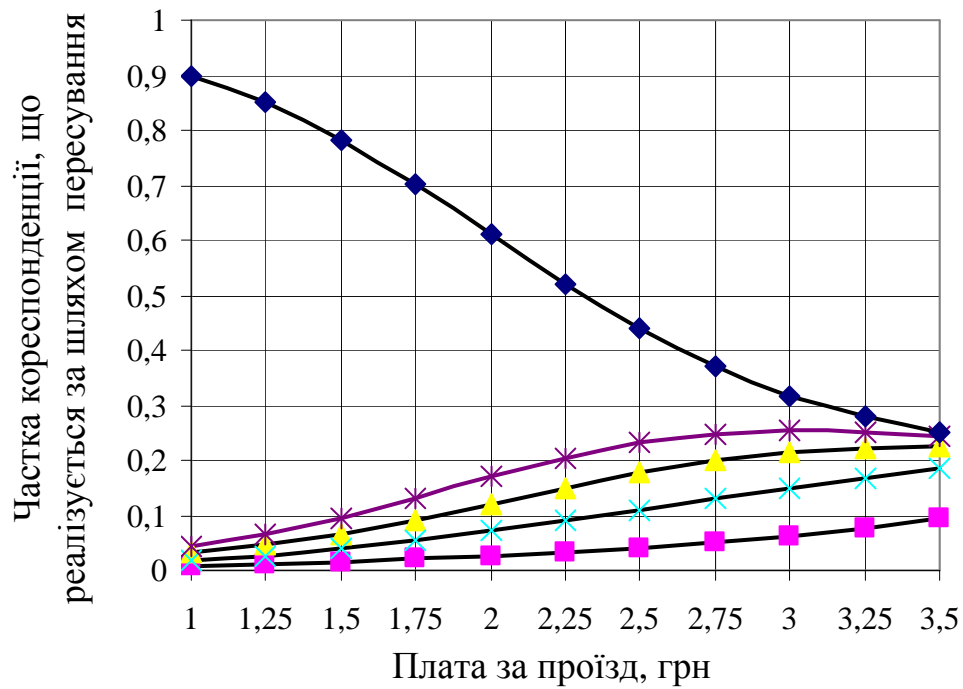


Рисунок 5.25 – Графік зміни розподілу кореспонденцій за альтернативними шляхами пересування залежно від величини плати за проїзд при здійсненні пересування

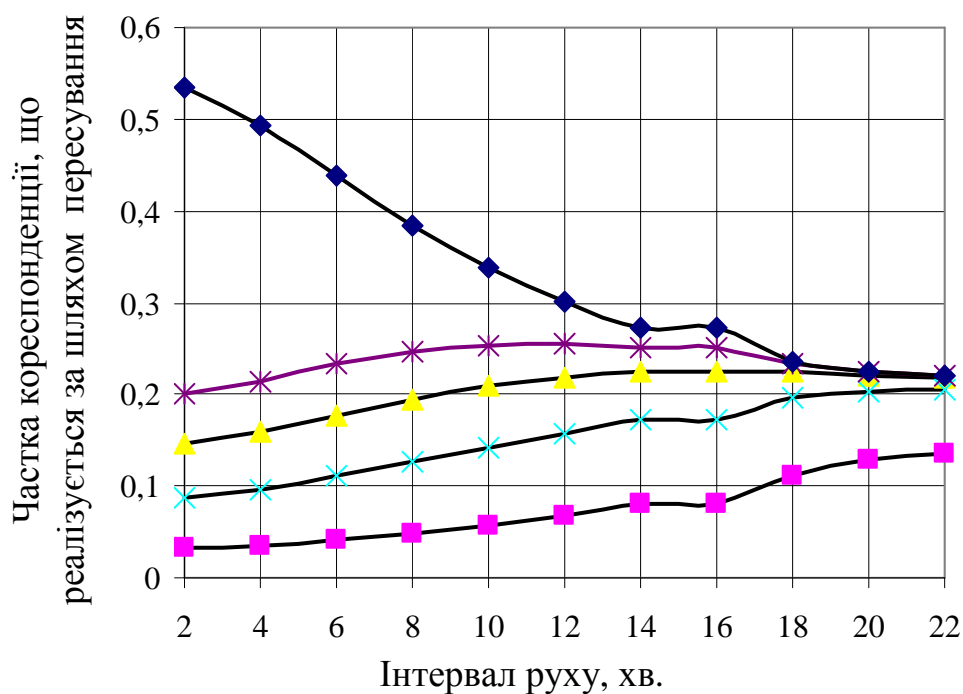


Рисунок 5.26 – Графік зміни розподілу кореспонденцій за альтернативними шляхами пересування залежно від величини інтервалу руху транспортних засобів

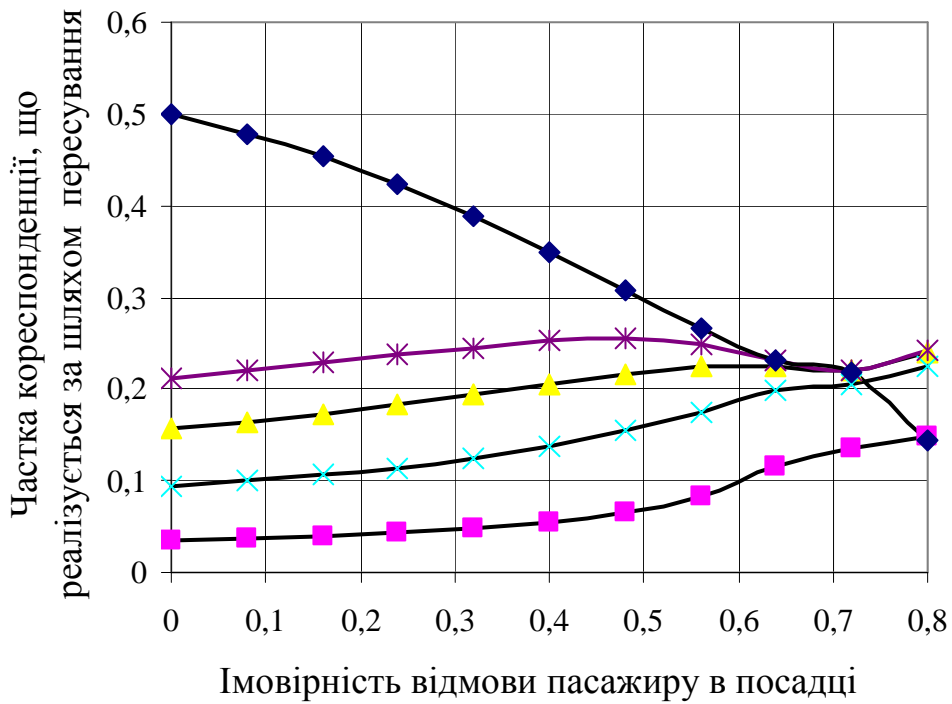


Рисунок 5.27 – Графік зміни розподілу кореспонденцій за альтернативними шляхами пересування залежно від значення імовірності відмови пасажирів в посадці

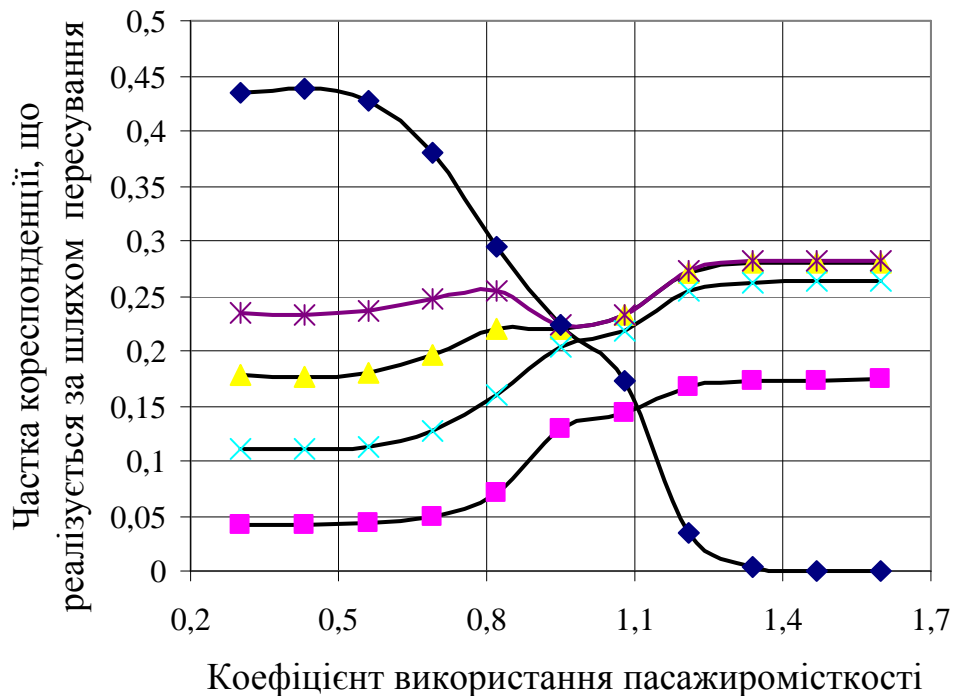


Рисунок 5.28 – Графік зміни розподілу кореспонденцій за альтернативними шляхами пересування залежно від величини коефіцієнта використання пасажиромісткості

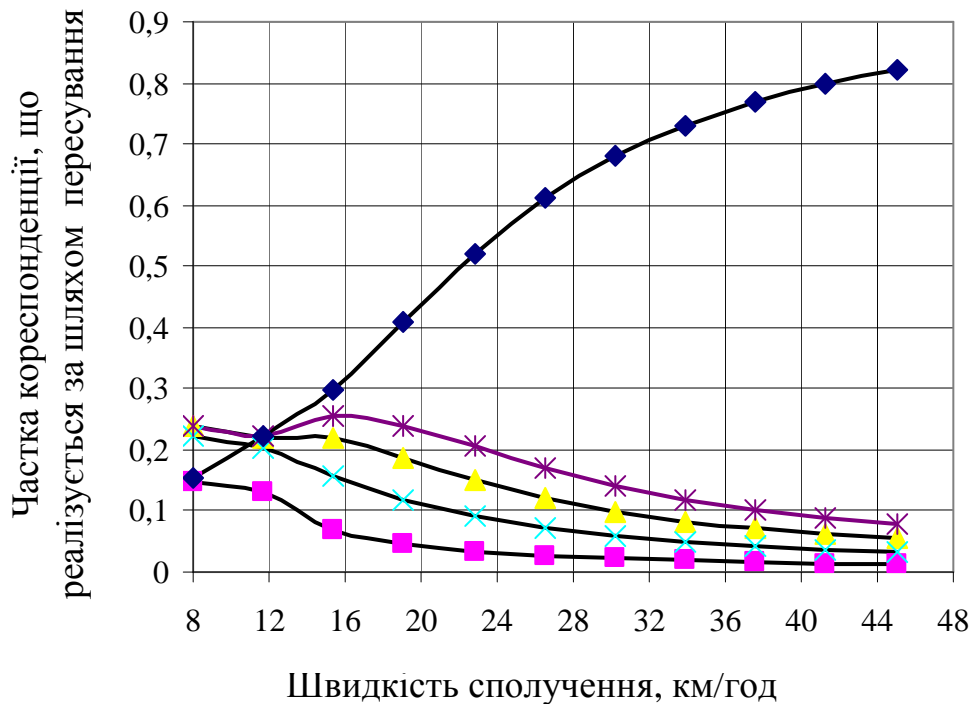


Рисунок 5.29 – Графік зміни розподілу кореспонденцій за альтернативними шляхами пересування залежно від швидкості сполучення

Ці показники не є сталими величинами, вони залежать від величини кореспонденції, що реалізується за цим шляхом і його складниками.

Перший показник визначається величиною пасажиропотоку, реалізованого на маршруті під час здійснення поїздки у транспортному засобі. Другий – ступенем заповнення транспортного засобу та інтенсивністю підходу пасажирів до зупинного пункту. Таким чином, ці показники відбивають факт зменшення привабливості шляху пересування для пасажирів при зростанні величини пасажиропотоку на маршрутах, що до нього входять, і можуть бути використані при моделюванні розподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз теоретичних і практичних підходів до моделювання вибору пасажиром шляху пересування показав, що в них недостатньо враховано поведінкові аспекти вибору пасажиром шляху пересування та сукупність факторів, що на них впливають, факт погіршення характеристик шляху пересування для пасажирів зі зростанням величини пасажиропотоку на маршрутах, що до нього входять, вплив соціально-економічних чинників на закономірності вибору пасажиром шляху пересування.

2. У якості інтегральної характеристики альтернативних шляхів пересування запропоновано використовувати узагальнену вартість пересування як суму вартісної оцінки витрат часу, зниження доходу пасажиром внаслідок дії транспортної стомлюваності та величини плати за проїзд. Такий підхід дає змогу врахувати сукупність факторів, що зумовлюють вибір пасажиром шляху пересування, та системні зв'язки між ними.

3. Із метою врахування можливості вибору пасажиром зупинного пункту початку (закінчення) пересування при побудові альтернативних шляхів запропоновано визначати їх як різне поєднання варіантів здійснення пішохідного складника та поїздки у транспортному засобі (маршрутної та мережної).

4. За характеристику соціально-економічних умов життя населення прийнято дохід середньостатистичного пасажиром за місяць. Залежно від величини доходу змінюється вартісна оцінка вільного часу пасажиром та знижується його дохід унаслідок впливу транспортної стомлюваності.

5. Обробка результатів анкетного обстеження дала змогу дійти висновку, що розподіл кореспонденцій за альтернативними шляхами пересування найбільш адекватно описується оцінною функцією з нелінійною еластичністю.

6. Розроблена модель вибору пасажиром шляху пересування дає змогу

врахувати взаємозв'язок між характеристиками альтернативних варіантів і величиною попиту на їхнє використання як функцію від імовірності відмови пасажиром в посадці та рівня заповнення салону транспортного засобу. У якості показників, що залежать від величини попиту на користування шляхом пересування, застосовували інтенсивність підходу пасажирів до зупинного пункту, кількість вільних місць у салоні

транспортного засобу та динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості під час здійснення маршрутної поїздки. Запропонований підхід дає змогу врахувати особливості формування пасажиропотоків у найзначніших містах, що характеризуються високим попитом мешканців на послуги маршрутного пасажирського транспорту й обмеженим рівнем транспортної пропозиції.

7. Результати дослідження показали, що значущість критеріїв вибору пасажиром шляху пересування не є постійною величиною, а залежить від показників соціально-економічних умов життя населення, параметрів транспортного обслуговування та рівня тарифів на користування послугами міського пасажирського транспорту.

8. Зі зростанням коефіцієнта використання пасажиромісткості спостерігається зменшення значущості критеріїв «тариф» і «час пересування». При здійсненні поїздки у транспортному засобі з коефіцієнтом використання пасажиромісткості, що перевищує одиницю, критерій «транспортна стомлюваність» стає найбільш значущим. Такі значення коефіцієнта використання пасажиромісткості відповідають ступеню заповнення салону транспортного засобу, що перевищує 5 пас./ м².

9. Зміна рівня життя населення мешканців міста призводить до перерозподілу кореспонденцій між альтернативними варіантами шляху пересування. Це пов'язано зі зміною значущості критеріїв вибору, згідно з яким зі зростанням величини доходу пасажир прагне здійснювати пересування в комфортних умовах і за мінімальний час, тоді як значущість величини тарифів на користування послугами міського пасажирського транспорту зменшується.

ДОДАТКИ

Додаток А

Моделі розподілу пасажиропотоків на маршрутній мережі міського пасажирського транспорту

Таблиця А.1 – Моделі розподілу пасажиропотоків

Автор, рік	Завдання, що розглядається	Вид моделі	Прийняті позначення
1	2	3	4
Г. А. Заблоцький, 1968 р.	Оцінка шляхів і розподіл потоку	$\Delta = 0,23t + 0,41;$ $\gamma_i = \Delta - (t_i - t_{\min});$ $P_i = P_{ij} \frac{\gamma_i}{\sum_i \gamma_i}.$	Δ – область розподілу (область згладжування); γ_i – питома вага шляху i ; P_i – величина потоку на i -ому шляху; t_i – витрати часу на пересування по i -ому шляху; t_{\min} – витрати часу на найкоротшому шляху прямування; P_{ij} – величина потоку між вузлами i та j .
Л. А. Яковлев, 1971 р.	Розподіл пасажиропотоку між конкуруючим і шляхами прямування (метод стоку)	$k_{F_i} = \frac{F_i}{F} = \frac{A + B\rho_{it}\rho_{i\Pi}}{\sum_k (A + B\rho_{it}\rho_{i\Pi})};$ $\rho_{it} = \frac{m_i n_i \{[(t_{\min} + \Delta t) + k_{\text{неп. min}} t_{\text{неп}}] - (t_i + k_{\text{неп}i} t_{\text{неп}})\}}{\sum_k m_i n_i \{[(t_{\min} + \Delta t) + k_{\text{неп. min}} t_{\text{неп}}] - (t_i + k_{\text{неп}i} t_{\text{неп}})\}};$ $\rho_{i\Pi} = \frac{\Pi_i}{\sum_k \Pi_i}; \Pi_i = \frac{\sum_r \Pi_r l_r}{\sum_r l_r}.$	k_{F_i} – комплексний коефіцієнт участі i -го шляху в освоєнні пасажиропотоку F_i ; A, B – емпіричні коефіцієнти; $\rho_{i\Pi}, \rho_{it}$ – коефіцієнти, що оцінюють імовірність вибору пасажиром i -го шляху за привабливістю та витратами часу на пересування; k – кількість шляхів, що розташованих в області згладжування; m_i, n_i – відповідно місткість і частота руху транспортних засобів; t_{\min}, t_i – час пересування критичним та i -м шляхами відповідно; Δt – область згладжування; $k_{\text{неп. min}}, k_{\text{неп}i}$ – кількість пересадок відповідно на критичному та i -ому конкуруючих шляхах прямування; Π_i – приведена привабливість i -го шляху; Π_r – привабливість ділянки r довжиною l_r , що оцінюється певними коефіцієнтами.

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
О. С. Садихова, 1974 р.	Визначення імовірності вибору пасажирями шляху прямування	$p_i = \frac{1}{n} (100 + a_T \ln \frac{T_1 \cdot T_2 \cdot \dots \cdot T_n}{T_i^n} +$ $+ a_q \ln \frac{q_1 \cdot q_2 \cdot \dots \cdot q_n}{q_i^n} + a_s \ln \frac{s_1 \cdot s_2 \cdot \dots \cdot s_n}{s_i^n}) ,$ $q = 1 + k + 0,3k_M .$	n – кількість шляхів прямування, од.; T – витрати часу на пересування, хв.; q – кількість посадок на транспорт, од.; s – вартість проїзду, коп.; k – кількість пересадок з одного виду транспорту (маршруту) на інший, од.; k_M – кількість пересадок усередині метрополітену, од.; a_T , a_q , a_s – коефіцієнти моделі ($a_T=240$, $a_q=62$, $a_s=50$).
Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский, 1978 р.	Моделювання вибору пасажирями шляху прямування	$P_j^t = \frac{\exp(U_j^t)}{\sum_j \exp(U_j^t)}, U_j^t = \sum_m a_m^t x_m^{jt} .$	P_j^t – імовірність вибору індивідуюмом t альтернативи j ; U_j^t – функція корисності j -ої альтернативи для індивідуума t ; a_m^t – відносна ціна m -ої характеристики з точки зору індивідуума t ; x_m^{jt} – значення m -ої характеристики в j -ій альтернативі з точки зору індивідуума t .
В. П. Федоров, 1979 р.	Розподіл пасажиропотоків по мережі (ентропійний підхід)	$\min(-H(f)) = \min(-\sum_{l \in L} f_l \ln \frac{\bar{f}_l}{f_l}), L = \bigcup_{\substack{i,j \\ i \neq j}} L_{ij} ,$ <p>при обмеженнях $\sum_{l \in L_{ij}} f_l = d_{ij}$; $Q = \sum_{\substack{i,j \\ i \neq j}} d_{ij}$;</p> $\sum_{l \in L} f_l \bar{b}_l \leq \bar{b} Q; \sum_{(s,t) \in l} a_{st}(l) \bar{b}_{st} = \bar{b}_l; f_l \geq 0 .$	$H(f)$ – зважена ентропія; \bar{f}_l , f_l – відповідно ідеальне та шукане значення пасажиропотоку на шляху $l \in L$; L_{ij} – множина альтернативних шляхів, що з'єднують i та j ; d_{ij} – величина кореспонденції з i в j ; \bar{b} – вектор витрат на пересування; $a_{st}(l)$ – кількість разів, за яких ребро (s, t) зустрічається на шляху прямування l ; Q – обсяг кореспонденцій у мережі.

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
И. П. Макаров, В. З. Ямпольский, 1981 р.	Розподіл пасажиропотоків мережею маршрутів пасажирського транспорту	$s_p^{ij} = \frac{\exp v_p}{\sum_p \exp v_p}, \quad v_p = \sum_m a_m v_m^p$	s_p^{ij} – частка пасажиропотоку між транспортними районами i та j , що реалізується по шляху прямування p ; v_p – узагальнена характеристика шляху прямування p ; m – характеристика шляху прямування; a_m – вагові коефіцієнти характеристик шляху прямування m .
М. С. Фішельсон, 1985 р.	Визначення частки загального пасажиропотоку реалізованого за i -м варіантом шляху прямування	$k_i = K \frac{\left(1 - \frac{t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \right)}{n-1}$	k_i – частка загального пасажиропотоку, що реалізується за i -м варіантом зв'язку; K – загальний пасажиропотік між кореспондуючими районами; t_i – витрати часу на пересування по i -му варіанту шляху; $\sum_{i=1}^n t_i$ – сумарні витрати часу за всіма варіантами; n – кількість варіантів шляхів прямування.
Е. Е. Мун, А. Д. Рубець, 1986 р.	Прогнозування пасажиропотоків на маршрутному таксомоторному транспорті	$c_0 \left[\frac{l_n}{v_{neu}} + t_{ож} + \frac{l}{v_c D} \right] + M \rightarrow \min;$ $D = K^{0,2l x_\epsilon};$ $K = \left\{ 1 + 24 \exp \left[-0,2 t_{np} / \gamma \left(1 - t_{ож} / (t_{np} + t_{ожа}) \right) \right] \right\}^{-1}$	c_0 – вартісна оцінка часу, р./год; l_n – відстань піших підходів до маршруту, км; v_{neu} – швидкість пішого руху, км/год; $t_{ож}$ – час очікування, год; l – відстань поїздки, км; v_c – швидкість сполучення, км/год; K – вихідний коефіцієнт комфортабельності; x_ϵ – випадкове число, розподілене в діапазоні 0...1 за законом Вейбулла; D – умовний показник комфортабельності поїздки; M – вартість проїзду (тариф за поїздку), р.; γ – динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості.

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Spiess H., Florian M., 1989, p.	Розподіл пасажиропото- ків на мережі маршрутного пасажирського транспорту з використанням методу оптимальних стратегій	$C = a_1 t_{walk} + a_2 t_{wait} + a_3 t_{trip} + a_4 t_{trans};$ $+ a_5 t_Z + a_6 C_F$ $\min \left\{ \sum_{ij} \frac{Q_{ij} \left(\sum_s t_{trip} n_k + 1 \right)}{\sum_{k \in S_{ij}} n_k} \right\}.$	<p>C – витрати на здійснення пересування; t_{walk}, t_{wait}, t_{trip}, t_{trans}, t_Z – відповідно витрати часу на пішохідний рух, очікування, поїздки, пересадки, випадкові затримки; C_F – величина плати за проїзд; $a_1 - a_6$ – вагові коефіцієнти; Q_{ij} – кількість пасажирів, що бажають здійснити поїздку з i в j; n_k – інтенсивність відправлення пасажирів (частота руху) по ділянці маршруту k; S_{ij} – масив ділянок, що примикають до вузлу i та входять до маршруту від i до j.</p>
В. К. Доля, 1993 p.	Розподіл пасажиропо- токів між метрополіте- ном і наземним міським пасажирським транспортном	$P_{mij} = \left(\left(\frac{T_{nij} - T_{mij}}{T_{mij}} - 0,17 \right) 3 \right)^2$	<p>P_{mij} – імовірність вибору пасажирями шляху прямування з використанням метро; T_{nij} – мінімальний час прямування з i в j з використанням тільки наземного транспорту; T_{mij} – час прямування із i в j з використанням метрополітену в поєднанні з наземним міським пасажирським транспортом. При $P_{mij} > 1$, приймається $P_{mij} = 1$.</p>
	Імовірність вибору пасажирями шляху прямування в наземному міському пасажирському транспорті	$P_i = \frac{1,25 t_{\min} - t_i}{\sum_i (1,25 t_{\min} - t_i)}$	<p>P_i – імовірність вибору i-го варіанта шляху прямування; m – кількість альтернативних варіантів шляху прямування; t_i – час пересування по i-му шляху; t_{\min} – мінімальний час поїздки з i в j.</p>

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
	Імовірність вибору маршруту міського пасажирського транспорту на сумісній ділянці маршрутної мережі	$P_i = \frac{I_i f(k_{ij}, \gamma_{ij}, t_i)}{\sum_j^R I_j f(k_{ji}, \gamma_{ji}, t_j)},$	$f(k_{ij}, \gamma_{ij}, t_i), f(k_{ji}, \gamma_{ji}, t_j)$ – відповідно функції розподілу пасажиропотоків між i та j на сумісній ділянці при j , що змінюється від 1 до R і включає i ; k – вид транспорту; γ_j – ступінь заповнення салонів j -го маршруту на сумісній ділянці; t_j – час руху транспортних засобів на сумісній ділянці j -го маршруту; I_j – інтенсивність руху транспортних засобів.
J. H. Wu, M. Florian, P. Marcotte, 1994 р.	Моделювання рівноважного розподілу потоків на мережі маршрутного пасажирського транспорту	$s_{walk} = \alpha_1 t_{walk};$ $s_{wait}(v_a, v_b) = \alpha_2 [((1 - \beta_2)v_a + \beta_2 v_b) / K_b]^\rho;$ $s_{in-vehicle}(v_a, v_b) = \alpha_3 t_b + \beta_3 [(v_b + (\gamma_3 - 1)v_a) / K_b]^\rho;$ $s_{transfer} = \alpha_4 t_{transfer}.$	$s_{walk}, s_{wait}(v_a, v_b), s_{in-vehicle}(v_a, v_b), s_{transfer}$ – відповідно функції витрат на пішохідний рух, очікування на зупинному пункті, поїздки у транспортному засобі та пересадки; v_a – кількість пасажирів, що очікують транспортний засіб на зупинному пункті; v_b – пасажиропотік на перегоні після зупинного пункту; $\alpha_1 - \alpha_4, \beta_2, \beta_3, \gamma_3, \rho$ – коефіцієнти моделі; t_b – витрати на поїздку, що не пов’язані з величиною пасажиропотоку.

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
В. А. Вдовиченко, 2003 р.	Розподіл пасажиропотоку між маршрутами міського пасажирського транспорту, що проходять по сумісній ділянці маршрутної мережі	$Q_{ij}^n = H_{ij} \frac{I_n \left(\frac{\tau_{cp}}{\tau_n}\right)^{0,14} \left(\frac{q_n}{q_{cp}}\right)^{0,23} \left(\frac{T_{cp}}{T_n}\right)^{1,69}}{\sum_m^r \left(I_m \left(\frac{\tau_{cp}}{\tau_m}\right)^{0,14} \left(\frac{q_m}{q_{cp}}\right)^{0,23} \left(\frac{T_{cp}}{T_m}\right)^{1,69}\right)}$	<p>Q_{ij}^n – величина кореспонденції між зупинними пунктами i та j за розрахунковий період, реалізована за маршрутом n, пас.; H_{ij} – загальна величина кореспонденції між зупинними пунктами i та j за розрахунковий період, пас.; τ_n – час прямування ділянкою на маршруті n, год; τ_{cp} – середній час проходження по ділянці на маршруті, год; q_n – рівень наявності вільного місця в салоні транспортного засобу на маршруті n, пас./м²; q_{cp} – середній рівень наявності вільного місця в салоні транспортного засобу на маршрутах, що проходять по сумісній ділянці, пас./м²; T_n – тариф на маршруті n, грн; T_{cp} – середній тариф на маршрутах, що проходять по сумісній ділянці, грн; I_n – інтенсивність руху транспортних засобів на маршруті, авт/год; r – кількість маршрутів, що проходять через сумісну ділянку.</p>
О. Д. Гульчак, 2005 р.	Розподіл обсягів перевезень між автобусними маршрутами, що працюють у звичайному режимі й таксомоторному	$\begin{cases} P_z = \left[1 + \left(\frac{t_z}{t_m}\right)^{2,11} \left(\frac{\tau_z}{\tau_m}\right)^{2,73} \left(\frac{i_z}{i_m}\right)^{1,17} \left(\frac{\gamma_z}{\gamma_m}\right)^{0,38} \right]^{-1} \\ P_m = \left[1 + \left(\frac{t_m}{t_z}\right)^{2,11} \left(\frac{\tau_m}{\tau_z}\right)^{2,73} \left(\frac{i_m}{i_z}\right)^{1,17} \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_z}\right)^{0,38} \right]^{-1} \end{cases}$	<p>P_z, P_m – відповідно, частка пасажиропотоку реалізована по маршруту зі звичайним і таксомоторним режимами руху; t_z, t_m – відповідно, тривалість пересування з використанням звичайного й таксомоторного режимів руху; τ_z, τ_m – відповідно, вартість проїзду в автобусах зі звичайним і таксомоторним режимами руху; i_z, i_m – інтервали руху автобусів зі звичайним і таксомоторним режимами руху; γ_z, γ_m – коефіцієнти динамічного використання пасажиромісності автобусів відповідно до режиму руху.</p>

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4
Л. Б. Миротін, та інші, 2003 р.	Розподіл пасажиропотоку між повним і скороченим маршрутами	$G_{i,OD}^r = c_u u + c_w \frac{1}{f_{1,i} + x_r} + c_r \frac{l_{OD}}{v_{i,d}} + \tau_1 + \tau_2 l_{OD}, i \in I, OD \in P$	c_u, c_w, c_r – відповідно вартісна оцінка часу підходу, очікування та поїздки, руб./люд.-год; τ_1 – тариф, руб.; τ_2 – рівень зростання тарифу при збільшенні відстані поїздки на 1 км, руб.; u – середній час підходу пасажирів до зупинного пункту, год.; l_{OD} – довжина поїздки, км; $v_{i,d}$ – середня експлуатаційна швидкість, км/год; $f_{1,i}$ – частота руху автобусів, авт./год.
П. В. Луб'яний, 2005 р.	Моделювання пасажиропотоків на маршрутній мережі	$P_l = \frac{\text{Exp}(4,6236 - 0,01642 \cdot t_{nepl} - 0,68554 \cdot B_l)}{\sum_j \text{Exp}(4,6236 - 0,01642 \cdot t_{neplj} - 0,68554 \cdot B_j)},$	P_l – імовірність вибору пасажиром шляху пересування l . t_{nepl} – час пересування l -м варіантом шляху, хв.; B_l – вартість пересування l -м варіантом шляху, грн; m – кількість варіантів шляху пересування.
Е. Е. Кравченко, 2006 р.	Моделювання пасажиропотоку і його розподілу на транспортній маршрутній мережі	$P_{\zeta}^{ij} = \frac{1}{N} \left\{ 1 + a_t \ln \left[\frac{\prod_{\xi=1}^N T_{\zeta}^{ij}}{(T_{\zeta}^{ij})^N} \right] + a_q \ln \left[\frac{\prod_{\xi=1}^N q_{\zeta}^{ij}}{(q_{\zeta}^{ij})^N} \right] \right\}$	P_{ζ}^{ij} – імовірність реалізації стратегії вибору пасажиром ζ -го шляху прямування з i -го району в j -ий із усієї сукупності можливих шляхів, $0 \leq P_{\zeta}^{ij} \leq 1$; N – кількість можливих шляхів, $N \geq 2$; $T_{\zeta}^{ij}, q_{\zeta}^{ij}$ – відповідно, час пересування й кількість посадок на ζ -ому шляху прямування; a_t, a_q – коефіцієнти відносного впливу часу проїзду та кількості пересадок на вибір шляху.

Закінчення таблиці А.1

1	2	3	4
J. E. Fernández, J. De Cea, H. Malbrán, 2008 p.	Розподіл пасажиропотоку на сумісній ділянці маршрутної мережі	$c_s^m = tv^s + p_{wait} \left[\frac{\alpha^m}{d_s} + \beta^m \left(\frac{V_s + \bar{V}_s}{K_s} \right)^{n^m} \right] + p_{walk} tc^s + \frac{1}{v_{time}^m} fare^s$	c_s^m – узагальнена вартість шляху в часовому вираженні; m – вид транспорту (метро, автобус); tv^s , tc^s – відповідно час поїздки й пішохідного підходу; p_{wait} , p_{walk} – відносні вагові коефіцієнти часу очікування та пішохідного підходу; v_{time}^m – вартість часу, що залежить від використовуваного виду транспорту; d_s – загальна інтенсивність руху транспортних засобів на маршрутах, що проходять по ділянці s ; α^m – параметр, що залежить від процесу прибуття пасажирів і транспортних засобів до зупинного пункту; V_s – кількість пасажирів, що підійшли до зупинного пункту; \bar{V}_s – кількість пасажирів у салоні транспортного засобу; β^m , n^m – параметри функції; K_s – загальна кількість пасажиро-місць, надана всіма маршрутами, що проходять по ділянці s ; $fare$ – плата за проїзд.
П. Ф. Горбачов, 2009 p.	Визначення моделі привабливості маршрутного транспорту міста	$y = 43,25 - 1,029t_{\Pi} - 9,227\gamma_{\Pi} - 10,443\Pi_{\Pi} - 11,430\Pi$	y – розрахункове значення привабливості шляху прямування із дому на роботу маршрутним транспортом, од. корисності /хв.; t_{Π} – час пересування маршрутним транспортом з дому на роботу, хв.; γ_{Π} – коефіцієнт заповнення салону транспортного засобу при посадці; Π_{Π} – ціна (вартість) поїздки з будинку на роботу, грн; Π – кількість пересаджень на шляху прямування на роботу, од.

Додаток Б

Анкета №_____ Дата_____

Пункт відправлення_____

Пункт призначення_____

Час початку пересування з пункту відправлення _____ год. _____ хв.

П.І.Б	Вік	Професія	Дохід за місяць, грн

Шлях пересування							
Час підходу до ЗП, хв	Назва пункту відправлення	№ Маршруту		Час очікування ТЗ на ЗП, хв.	Час поїздки у ТЗ, хв.	Заповнення салону ТЗ під час поїздки, бал	Тариф, грн
		1					
		2					
		3					
		4					

Шлях прямування							
Назва пункту пересадки	Час пішого руху при здійсненні пересадки, хв.	№ Маршруту		Час очікування ТЗ на ЗП, хв.	Час поїздки у ТЗ, хв.	Заповнення салону ТЗ під час поїздки, бал	Тариф, грн
		1					
		2					
		3					
		4					

Шлях прямування							
Назва пункту пересадки	Час пішого руху у пункті пересадки, хв.	№ Маршруту		Час очікування ТЗ на ЗП, хв.	Час поїздки у ТЗ, хв.	Заповнення салону ТЗ під час поїздки, бал	Тариф, грн
		1					
		2					
		3					
		4					

Назва кінцевого ЗП	Час підходу до пункту призначення від ЗП, хв.

Рисунок Б.1 – Анкета опитування пасажирів щодо вибору шляху пересування

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Полищук В. П. Современное состояние транспортных систем городов Украины / В. П. Полищук // Коммунальное хозяйство городов. – 2012. – Вып. 103. – С. 339 – 343.
2. Михайлов А. Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично–дорожных сетей городов / А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
3. Поліщук В. П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху / В. П. Поліщук, О. П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.
4. Полищук В. П. Проектирование автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах / В. П. Полищук. – К.: Киевский авт.–дор. ин–т, 1983. – 95 с.
5. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: справочник / В. У. Рэнкин, П. Клафи, С. Халберт и др.; пер. с англ. – М.: Транспорт, 1981. – 592 с.
6. Фишельсон М. С. Городские пути сообщения: учеб. пособие для вузов / М. С. Фишельсон. – М.: Высш. школа., 1980. – 296 с.
7. Поліщук В. П. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху: навч. посіб. / В. П. Поліщук, Н. Т. Кунда. – К.: ІЗМН, 1998. – 132 с.
8. Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн. / Під заг. ред. Дмитриченка М. Ф.– Кн. 4: Організація дорожнього руху / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, О. Т. Лановий, І. Е. Линник, В. П. Поліщук.– К.: Знання України, 2007. – 452 с.
9. Спирин И. В. Перевозка пассажиров городским транспортом / И. В. Спирин. – М. : Академкнига, 2004. – 413 с.
10. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок : учеб. пособие для вузов / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.
11. Цибулка Я. Качество пассажирских перевозок в городах / Я. Цибулка; пер. с чешск. И. В. Шварца. – М.: Транспорт, 1987. – 239 с.
12. Логистика : общественный пассажирский транспорт : учеб. для студентов экономических вузов / Под общ. ред. Л. Б. Миротина. – М. : Экзамен, 2003. – 224 с.

13. Рогова Г. Л. Моделирование выбора путей передвижения пассажиров в транспортных системах городов : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.22.02 «Транс. системы городов и пром. центров» / Г. Л. Рогова. – М., 1987. – 19 с.
14. Грановский Б. И. Моделирование пассажирских потоков в транспортных системах / Б. И. Грановский // Итоги науки и техники. Серия «Автомобильный и городской транспорт», т. 11. – М., 1986. – С. 67 – 107.
15. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов: учебное пособие / Э. А. Сафронов. – М.: АСВ, 2005. – 272 с.
16. Любарский Р. Э. Проектирование городских транспортных систем / Р. Э. Любарский. – К.: Будівельник, 1984. – 96 с.
17. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев; под ред. В. А. Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.
18. Моделирование пассажиропотоков в транспортной системе. Пер. с англ. / [П. У. Бонсалл, А. Ф. Чемперноун, А. К. Мейсон, А. Г. Уилсон]. – М.: Транспорт, 1982. – 207 с.
19. Макаров И. П. Автоматизация управления городским транспортом / И. П. Макаров, В. З. Ямпольский – М.: Транспорт, 1981. – 152 с.
20. Брайловский Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский. – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
21. Антошвили М. Е. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ / М. Е. Антошвили, Г. А. Варелопуло, М. В. Хрущев. – М.: Транспорт, 1974. – 104 с.
22. Пассажирские автомобильные перевозки / Л. Л. Афанасьев, А. И. Воркут, А. Б. Дьяков, Л. Б. Миротин, Н. Б. Островский – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.
23. Юдин В. А. Городской транспорт / В. А. Юдин, Д. С. Самойлов. – М.: Стройиздат, 1975. – 287 с.
24. Варелопуло Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г. А. Варелопуло. – М.: Транспорт, 1990. – 208 с.
25. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / В. Ф. Штанов, Г. А. Поберезкин, Г. А. Ищенко, А. И. Чумаченко. – К.: Техника, 1988. – 94 с.

26. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И. В. Спирин. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
27. Блатнов М. Д. Пассажирские автомобильные перевозки / М. Д. Блатнов. – М.: Транспорт, 1981. – 222 с.
28. Доля В. К. Методы организации перевозок пассажиров в городах / В. К. Доля. – Х.: Основа, 1992. – 144 с.
29. Зенгбуш М. В. Пассажиропотоки в городах / М. В. Зенгбуш, А. Ю. Белинский, А. Г. Дынкин. – М.: Транспорт, 1974. – 136 с.
30. Доля В. К. Організація пасажирських перевезень у містах / В. К. Доля. – Х.: Нове слово, 2002. – 140 с.
31. Босняк М. Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник / М. Г. Босняк. – К.: Слово, 2009. – 272 с.
32. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник / В. К. Доля. – Х.: Форт, 2010. – 504 с.
33. Дуднев Д. И. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / Д. И. Дуднев, М. И. Климова, А. А. Менн. – М.: Транспорт, 1974. – 296 с.
34. Маруніч В. С. Автоматизований метод обстеження кореспонденцій та пасажиропотоків на маршрутах транспорту загального користування / В. С. Маруніч, І. М. Вакарчук, В. С. Харута // Коммунальное хозяйство городов. – 2012. – Вып. 103. – С. 343 – 351.
35. Федоров С. В. Развитие методов определения пассажиропотоков в городах / С. В. Федоров // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2010. – №4. – С. 15 – 28.
36. Антошвили М. Е. Оптимизация городских автобусных перевозок / М. Е. Антошвили, С. Ю. Либерман, И. В. Спирин. – М.: Транспорт, 1985. – 102 с.
37. Заблоцкий Г. А. Методы расчета потоков пассажиров и транспорта в городах / Г. А. Заблоцкий. – М.: ЦНТИ по гражд. стр-ву и архитектуре, 1968. – 92 с.
38. Васильева Е. М. Нелинейные транспортные задачи на сетях / Е. М. Васильева, Б. Ю. Левит, В. Н. Лившиц. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 104 с.
39. Нефедов Н. А. Проблемы транспортных систем: монография / Н. А. Нефедов, А. О. Лобашов, Ю. А. Давидич. – Х.: ХГАДТУ, 1999. – 100 с.

40. Макаров И. П. Прогноз распределения пассажиропотоков при изменении сети маршрутов пассажирского транспорта / И. П. Макаров, В. В. Яворский, А. Ф. Тузовский // Моделирование процессов управления транспортными системами. – Владивосток: ДВНЦ АН, 1977. – С. 39 – 41.

41. Мягков В. Н. Математическое обеспечение градостроительного проектирования / В. Н. Мягков, Н. С. Пальчиков, В. П. Федоров. – Л.: Наука, 1989. – 144 с.

42. Мун Э. Е. Организация перевозок пассажиров маршрутными такси / Э. Е. Мун, А. Д. Рубец. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.

43. Горбачев П. Ф. Совершенствование схем маршрутов автобусов в крупнейших городах: Автореф. дис...канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Экспл. автомобильного транс.»; 05.22.02 «Транс. сист. городов и пром. центров» / П. Ф. Горбачев. – Х., 1993. – 24 с.

44. Горбачев П. Ф. Основы теории транспортных систем / П. Ф. Горбачев, И. А. Дмитриев. – Х.: ХНАДУ, 2002. – 202 с.

45. Михайлов А. С. Управление рынком перемещений городского населения / А. С. Михайлов. – Алматы: НИЦ Гылым, 2003. – 237 с.

46. Альбов С. В. Планирование развития комплексных систем городского пассажирского транспорта / С. В. Альбов // Обзоры по проблемам больших городов. – М.: ГОСИНТИ, 1977. – 36 с.

47. Громов Н. Н. Управление на транспорте: учебник для вузов / Н. Н. Громов, В. А. Персианов. – М.: Транспорт, 1990. – 336 с.

48. Вол М. Анализ транспортных систем / М. Вол, Б. Мартин; пер. с англ. С. В. Альбова, П. П. Кобзева. – М.: Транспорт, 1981. – 514 с.

49. Системный анализ и проблемы развития городов / Ю. С. Попков, М. В. Посохин, А. Э. Гутнов, Б. Л. Шмультян. – М.: Наука, 1983. – 512 с.

50. Мерлен П. Город (количественные методы изучения) / П. Мерлен; пер. с франц. О. К. Парчевского. – М.: Прогресс, 1977. – 262 с.

51. Аррак А. Развитие и эффективность пассажирских перевозок / А. Аррак. – Таллин: ЭЭСТИ Раамат, 1984. – 215 с.

52. Самойлов Д. С. Городской скоростной пассажирский транспорт / Д. С. Самойлов, Е. Н. Дубровин, В. С. Науменко, Ю. М. Галонен; под ред. Д. С. Самойлова. Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1975. – 231 с.

53. Федоров В. П. Транспортная система центра крупного города / В. П. Федоров, Н. В. Булычева, Л. А. Лосин, О. М. Пахомова // Управление развитием территории. – 2009. – №4. – С. 18 – 25.

54. Горев А. Э. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие / А. Э. Горев. – СПб.: СПбГАСУ, 2010. – 214 с.

55. Давидич Ю. А. Определение факторов, влияющих на выбор пассажирами вида городского транспорта / Ю. А. Давидич, Д. П. Понкратов, Е. И. Куш, Е. Е. Вакуленко, В. И. Горносталь // Коммунальное хозяйство городов. – 2009. – Вып. 86. – С. 344 – 350.

56. Вучик В. Транспорт в городах, удобных для жизни / В. Вучик; пер. с англ. А. Калинина под науч. ред. М. Блинкина. – М.: Территория будущего, 2011. – 576 с.

57. Гульчак О. Д. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Оксана Дмитрівна Гульчак. – К., 2005. – 137 с.

58. Вдовиченко В. О. Ефективність функціонування міської пасажирської транспортної системи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / В. О. Вдовиченко. – К., 2004. – 20 с.

59. Горбачов П. Ф. Підхід до визначення ймовірності вибору пасажиром шляху пересування / П. Ф. Горбачов // Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов. – 2006. – Вып. 19. – С. 88 – 91.

60. Кочина А. А. До визначення привабливості маршрутів при проектуванні міської пасажирської мережі / А. А. Кочина // Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов. – 2006. – Вып. 19. – С. 96 – 99.

61. Луб'яний П. В. Імовірність вибору пасажиром варіанту поїздки в міському пасажирському транспорті // Коммунальное хозяйство городов. – 2006. – Вып. 69. – С. 171 – 175.

62. Брайловский Н. О. Проблемы повышения эффективности функционирования транспортных сетей городов : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук : спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта», 05.22.02 «Транс. системы городов и пром. центров» / Н. О. Брайловский. – М., 1983. – 29 с.

63. Мальгин А. Н. Расчет пассажирских корреспонденций в городах с учетом их возможной реализации на транспортной сети / А. Н. Мальгин // Моделирование процессов управления транспортными системами. – Владивосток: ДВНЦ АН, 1977. – С. 35–38.

64. Кривошеев Д. П. Методы распределения пассажиропотоков в транспортных расчетах (обзор) / Д. П. Кривошеев. – М.: ЦНИИП градостроительства, 1974. – 40 с.

65. Горбачов П. Ф. Концепція формування систем маршрутного пасажирського транспорту в містах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / П. Ф. Горбачов. – Х., 2009. – 39 с.

66. Садыхова О. С. Выбор пассажиром пути следования / О. С. Садыхова // Городской транспорт и инженерная подготовка городской территории. Сб. науч. трудов ЛИСИ №91. – Л., 1974, – С. 33–41.

67. Семенова О. С. Математическое моделирование в задачах оптимизации движения городского пассажирского транспорта с учетом наложения маршрутных схем: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.18. «Мат. моделирование, численные методы и комплексы программ» / О. С. Семенова. – Новокузнецк, 2009. – 26 с.

68. Швецов В. И. Математическое моделирование транспортных потоков / В. И. Швецов // Автоматика и телемеханика, № 11, 2003. – С. 3 – 46.

69. Буслаев А. П. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / А. П. Буслаев, А. В. Гасников, Я. А. Холодов, М. В. Яшина и др.; под ред. А. В. Гасникова. – М.: МФТИ, 2010. – 362 с.

70. Корягин М. Е. Равновесные модели системы городского пассажирского транспорта в условиях конфликта интересов / М. Е. Корягин. – Новосибирск: Наука, 2011. – 140 с.

71. Дынкин А. Г. Модель расчета пассажирских корреспонденций общегородских транспортных потоков на перспективу / А. Г. Дынкин, А. Н. Мальгин, Л. П. Моносова, Н. С. Пальчиков и др. // Современное состояние и перспективы развития транспортных систем крупного города: тезисы докладов Свердловской техн. конф. Вып. 1, Свердловск, 1974. – С. 31 –37.

72. Фаянс О. Г. Математические модели формирования пассажирских транспортных потоков / О. Г. Фаянс // Математические методы в управлении городскими транспортными системами. – Л.: Наука, 1979. – С. 6–21.

73. Liu Y., Bunker J., Ferreira L. (2010): Transit users' route-choice modelling in transit assignment: a review, Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal, 30:6, P. 753–769.

74. Овечников Е. В. Городской транспорт: учебник для вузов / Е. В. Овечников, М. С. Фишельсон. – М.: Высш. школа, 1976. – 352 с.
75. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом / [С. Л. Голованенко, И. Г. Крамаренко, В. В. Перфильев, В. Г. Сословский]. – К.: Техника, 1981. – 167 с.
76. Власов М. П. Моделирование экономических процессов / М. П. Власов, П. Д. Шимко. – Ростов н/Д : Феникс, 2005. – 409 с.
77. Horváth B. A new public transport assignment model. *Acta technica jaurinensis*, Vol. 1, No. 1, 2008, p. 93 – 108.
78. Lam W. H. K., Bell, M. G. H., *Advanced modeling for transit operations and service planning*, Pergamon, Elsevier Science Ltd., Oxford (2003). – 345 p.
79. Мягков В. Н. Об условиях применения гравитационной модели для прогноза матрицы пассажирских корреспонденций / В. Н. Мягков // Моделирование процессов управления транспортными системами. – Владивосток: ДВНЦ АН, 1977. – С. 42–44.
80. Заблоцкий Г. А. Транспорт в городе / Г. А. Заблоцкий. – К.: Будівельник, 1986. – 96 с.
81. Рихтер К.–Ю. Транспортная эконометрия / К.–Ю. Рихтер; пер. с нем. О. А. Григорьева. – М.: Транспорт, 1982. – 317 с.
82. Мягков В. Н. Гравитационные и энтропийные модели прогноза пассажирских транспортных потоков / В. Н. Мягков // Математические методы в управлении городскими транспортными системами. – Л.: Наука, 1979, – С. 21 – 31.
83. Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем / А. Дж. Вильсон; пер. с англ. Ю. А. Дубова. – М.: Наука, 1978. – 248 с.
84. Булычева Н. В. Расчет пассажиропотоков и оптимизация маршрутных схем / Н. В. Булычева, В. П. Федоров // Математические методы в управлении городскими транспортными системами. – Л.: Наука, 1979. – С. 65 – 90.
85. Dial R. B. (1967) Transit pathfinder algorithm. *Highway research board*, 205, P. 67–85.
86. Fearnside K., Draper D. P. (1971) Public transport assignment – a new approach. *Traffic engineering & Control*, 13, P. 298–299.
87. Le Clerq, F. (1972) A Public Transport Assignment Model. *Traffic engineering & Control*, 14, P. 91–96.

88. Rapp M. H., Mattenberger P., Piguet S., Grandpierre A. R. (1976) Interactive graphics system for transit route optimization. *Transportation Research Record*, 559, P. 73–88.
89. Брайловский Н. О., Беленов В. М. Моделирование функциональных и транспортных связей крупного города / Н. О. Брайловский, В. М. Беленов // *Экономика и математические методы*. – Т. 4, М., 1977, – С. 675–690.
90. Правдин Н. В. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчеты) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев. – М.: Транспорт, 1989. – 208 с.
91. Яковлев Л. А. Программное обеспечение технического расчета системы городских путей сообщения, представленной в сетевой форме (ЭВМ «Минск – 22») / Л. А. Яковлев // *Автоматизация проектирования городских транспортных систем*. – Вып. 1. – М.: Стройиздат, 1976. – 135 с.
92. Джумаев Д. Определение схем автобусных маршрутов на ЭВМ / Д. Джумаев // *Постановка и решение задач на ЭВМ в области автомобильного транспорта: сб. докладов*. – М., 1966, – С. 53–61.
93. Федоров В. П. Математическая модель формирования пассажиропотоков / В. П. Федоров // *Изв. АН СССР. Техн. кибернетика*, 1974, №4, – С. 17 – 26.
94. Федоров В. П. Математическая модель расчета пассажиропотоков в маршрутной сети города / В. П. Федоров // *Город и пассажир: тезисы докл. III Ленингр. науч. конф. по градостроительным проблемам развития пассажирского транспорта*. – Л., 1975, – С. 63 – 70.
95. Справочник проектировщика. Градостроительство / Издание второе под общей ред. В. Н. Белоусова. – М.: Стройиздат, 1978. – 367 с.
96. Фишельсон М. С. Транспортная планировка городов: учеб. пособие для студ. авт.-дор. спец. вузов / М. С. Фишельсон – М.: Высш. шк., 1985. – 239 с.
97. Кравченко Е. Е. Повышение качества обслуживания населения за счет использования служебного автобусного транспорта на муниципальной маршрутной сети: Автореф. дис...канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Экспл. автомобильного транс.» / Е. Е. Кравченко. – Волгоград, 2006. – 19 с.
98. Sheffi Y. Urban transportation networks: equilibrium analysis with mathematical programming methods. – 1985. – 399 p.

99. Cascetta E. *Transportation systems analysis: models and applications*. Second edition. Springer. – 2009. – 742 p.
100. Hickman M. D., Bernstein D. H. (1997). Transit service and path choice models in stochastic and time-dependent networks. *Transportation Science*, 31, P. 129 – 146.
101. Hickman, M. D. and N. H. M. Wilson (1995). Passenger travel time and path choice implications of real-time transit information. *Transportation Research*, 3C, P. 211–226.
102. Bates J. J. (1987) Measuring travel time values with a discrete choice model: a note. *Economic Journal* 97, p. 493–498.
103. Ben-Akiva M., Bolduc D., Bradley M. (1993) Estimation of travel choice models with randomly distributed values of time. *Transportation Research Record* 1413, P. 88–97.
104. Луб'яний П. В. Ефективність пасажирської маршрутної мережі міст : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / П. В. Луб'яний. – Х., 2005. – 19 с.
105. Доля В. К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупнейших городах : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук : спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / В. К. Доля. – М., 1993. – 42 с.
106. Spiess H., Florian M. (1989). Optimal strategies: a new assignment model for transit networks. *Transportation Research*, 23B, P. 83–102.
107. Nguyen S., Pallottino S. (1988) Equilibrium traffic assignment for large scale transit networks. *European Journal of Operational Research*, 37, P. 176–186.
108. Cepeda M., Cominetti R., Florian M. (2006) A frequency-based assignment model for congested transit networks with strict capacity constraints: characterization and computation of equilibria. *Transportation Research* 40B, P. 437–459.
109. Schmoeker J. D., Bell M. G. H., Kurauchi F. (2008) A quasi-dynamic capacity constrained frequency-based transit assignment model. *Transportation Research* 42B, P. 925–945.
110. Nuzzolo A. Schedule-based path choice models for public transport networks. *Proceedings of Advanced Course on Transit Networks*, Rome 2001. P. 15.

111. Nuzzolo A., Russo F., Crisalli, U. (2001). A doubly dynamic schedule-based assignment model for transit networks. *Transportation Science*, 35, P. 268–285.
112. Tong C. O., Wong S. C. (2000). A schedule-based dynamic assignment model for transit networks. *Journal of Advanced Transportation*, 33, P. 371–388.
113. Wu J. H., Florian M., Marcotte P. (1994) Transit equilibrium assignment: a model and solution algorithms. *Transportation Science*, 28(3), P. 193 – 203.
114. Wardrop J. G. (1952) Some theoretical aspects of road traffic research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers I I*, 1, p. 325 – 378.
115. Lam W. H. K., Gao Z. Y., Chan K. S., Yang H. (1999). A stochastic user equilibrium model for congested transit networks. *Transportation Research*, 33B, P. 351–368.
116. De Cea J., Fernandez E. (1993). Transit assignment for congested public transport system: An equilibrium model. *Transportation Science*, 27(2), P. 133–147.
117. Nielsen, O. A. (2000) A stochastic transit assignment model considering differences in passengers utility functions. *Transportation Research*, 34B(5), p. 377 – 402.
118. Daganzo C. F., Sheffi, Y. (1977) On stochastic models of traffic assignment. *Transportation Science*, 11(3), P. 253 – 274.
119. Fernández J. E., De Cea J., Malbrán H. (2008) Demand responsive urban public transport system design: Methodology and application. *Transportation Research Part A*, 42, P. 951–972.
120. Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн. / Під заг. ред. Дмитриченка М.Ф.— Кн. I: Основи теорії систем і управління / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, О. Т. Лановий, І. Е. Линник, В. П. Поліщук.— К.: Знання України, 2005. – 344 с.
121. Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн. / Під заг. ред. Дмитриченка М. Ф.— Кн. II: Технологія наукових досліджень і технічної творчості / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, О. Т. Лановий, І. Е. Линник, В. П. Поліщук.— К.: Знання України, 2005. – 318 с.
122. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М.: Высш. шк., 2004 – 616 с.

123. Перегудов Ф. И. Введение в системный анализ / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М.: Высш. шк., 1989 – 360 с.
124. Беккер Г. С. Человеческое поведение: экономический подход. Избранные труды по экономической теории / Г. С. Беккер; пер. с англ. послесл. Р. И. Капелюшников; предисл. М. И. Левин. – М.: ГУ ВШЭ, 2003. – 672 с.
125. Блинкин М. Я. Экономическая оценка свободного времени в системе транспортного обслуживания городского населения / М. Я. Блинкин, В. А. Кириченко // Достижения и перспективы. – М., 1985, №52, – С. 90 – 100.
126. Аррак А. Социально-экономическая эффективность пассажирских перевозок / А. Аррак. – Таллин: Ээсти раамат, 1982. – 198 с.
127. Валма А. Х. Об оценках стоимости времени пассажира / А. Х. Валма // Современное состояние и перспективы развития транспортных систем крупного города: тезисы докладов Свердловской техн. конф. Вып. 1, Свердловск, 1974. – С. 29 – 31.
128. Пчелинцев О. С. Экономическая оценка свободного времени населения и ее использование в задачах проектирования отраслей обслуживания / О. С. Пчелинцев // Экономическая оценка свободного времени населения в проектных расчетах отраслей обслуживания: сб. трудов. – М.: ВНИИСИ, 1978, вып. 3. – С. 5–19.
129. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
130. О’Салливан А. Экономика города / А. О’Салливан; пер. с англ. В. П. Пипейкина. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 706 с.
131. Small, Kenneth A. Urban transportation economics. Philadelphia, Penn.: Harwood Academic Publisher, 1992.
132. Котлер Ф. Маркетинг, менеджмент. Экспресс-курс. 2-е изд. / Ф. Котлер; пер. с англ. под ред. С. Г. Божук. – СПб.: Питер, 2006. – 464 с.
133. Гюлев Н. У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора : дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 / Низами Уруджевич Гюлев. – Х., 1993. – 174 с.
134. Большаков А. М. Повышение качества обслуживания пассажиров и эффективности работы автобусов / А. М. Большаков, Е. А. Кравченко, С. Л. Черникова. – М.: Транспорт, 1981. – 206 с.

135. Давидич Ю. А. Разработка мероприятий по сокращению времени ожидания пассажирами городских маршрутных автобусов: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Юрий Александрович Давидич. – Х., 1993. – 180 с.

136. Спирин И. В. Научные основы комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / И. В. Спирин. – М., 2007. – 38 с.

137. Вакуленко К. Є. Вибір автотранспортного засобу на маршрутах міського пасажирського транспорту: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / К. Є. Вакуленко. – Х., 2009. – 23 с.

138. Lohse D. Grundlagen der strassenverkehrstechnik und der verkehrsplanung, Band 2: Verkehrsplanung, 2. Auflage, Berlin, Verlag für Bauwesen GmbH, 1997.

Наукове видання

**ПОНКРАТОВ ДЕНИС ПАВЛОВИЧ
ФАЛЕЦЬКА ГАЛИНА ІВАНІВНА**

***ВИБІР ПАСАЖИРАМИ ШЛЯХУ
ПЕРЕСУВАННЯ У МІСТАХ***

МОНОГРАФІЯ

Відповідальний за випуск *В. К. Доля*

Редактор *З. І. Зайцева*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

Дизайн обкладинки *І. П. Шелехов*

Підп до друку 03.04.2015 р.
Друк на ризографі
Тираж 300 пр.

Формат 60х84/16
Ум. друк арк. 9,7
Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014